



Association Aéronautique  
Astronautique de France

LA SOCIÉTÉ SAVANTE DE L'AÉRONAUTIQUE ET DE L'ESPACE

A decorative graphic on the left side of the page features several concentric, semi-circular arcs in shades of gray, emanating from a stylized human figure. The figure is composed of simple geometric shapes: a circle for the head, a vertical line for the neck, and a series of lines forming the torso and legs.

**TABLE RONDE OLIVER WYMAN / Alumni - ONERA**  
**LES TALENTS DE DEMAIN**  
7 octobre 2020

Articles parus dans la Lettre 3AF

---

# SOMMAIRE

Préface	3
<i>Bruno Chanetz, président du Haut conseil scientifique</i>	
<b>VIE DE LA 3AF</b>	
CRÉATION D'UNE COMMISSION " COMPÉTENCES ET FORMATION "	6 - 7
<i>Philippe Boulan, ancien directeur de l'Université du Groupe Safran</i>	
<b>FORMATION ET CARRIÈRES</b>	
SAFRAN UNIVERSITY	8
<i>Valérie Guénon, directrice de Safran University</i>	
INTERVIEW D'ÉRIC MAÏNI, DIRECTEUR D'EUROSAE	9 - 10
<i>Bruno Chanetz, rédacteur en chef Lettre 3AF</i>	
LES ENTRETIENS DE TOULOUSE	11 - 14
<i>Bruno Chanetz, membre émérite 3AF</i>	
TRANSMISSION DE COMPÉTENCES ENTRE GÉNÉRATIONS : QUEL EST LE POINT DE VUE DES JEUNES RÉCIPiENDAIRES ?	15 - 19
<i>Pierre Grenson, Ingénieur à l'ONERA, membre d'Alumni - ONERA</i> <i>Gérard Laruelle, ex-ingénieur de l'ONERA, président du comité jeunes 3AF</i>	
<b>HISTOIRE</b>	
RÉTROSPECTIVE SUR LES PRISES D'AIR DU CONCORDE	20 - 23
<i>Jacky Leynaert</i> <i>Gérard Laruelle, anciens ingénieurs ONERA</i>	
<b>NOTE DE LECTURE</b>	
CONCORDE, LA LÉGENDE DU SUPERSONIQUE DE GÉRARD MAOUI ET ANDRÉ ROUAYROUX	24 - 25
<i>Bruno Chanetz, membre émérite 3AF, président d'Alumni - ONERA</i>	

---

## PRÉFACE

Ce recueil accompagne la table ronde du 7 octobre 2020 *Les talents de demain*<sup>1</sup>, organisée par Alumni-ONERA et Oliver Wyman, au siège parisien de ce cabinet de stratégie internationale. Il est consacré à la formation et reprend des articles parus dans la rubrique *Éducation* de la Lettre 3AF. Souvenons-nous que Fénelon avait écrit un traité d'éducation *Les aventures de Télémaque*, quelque peu oublié, mais qui fut pendant deux siècles l'un des livres les plus réédités et les plus lus de toute la littérature. Citons le passage où le fils d'Ulysse, à la recherche de son père, descend aux enfers : *Il traverse d'abord le Tartare, où il voit les tourments que souffrent... les mauvais rois. On voyait plusieurs de ces rois sévèrement punis, non pour les maux qu'ils avaient faits, mais pour les biens qu'ils auraient dû faire... La plupart de ces rois n'avaient été ni bons ni méchants... (ils) n'avaient pas mis leur plaisir à faire du bien.* Belle exigence qui s'applique à tous ceux qui ont en charge les destinées d'autrui, et en particulier au sein des entreprises.

Parmi les missions qui incombent à la hiérarchie, l'augmentation de compétence des salariés revêt une importance stratégique. Les entreprises y consacrent 1,6 % de la masse salariale dès lors que leurs effectifs sont supérieurs à vingt salariés. Dans un monde en perpétuel changement, les questions de transmission du savoir sont au cœur des préoccupations des industriels du secteur aéronautique, spatial et défense (ASD). Consciente de ces enjeux, 3AF a constitué en 2018 une commission technique : *Compétences et formation*, présentée en tête de ce recueil par son président Philippe Boulan, ancien directeur de l'université Safran.

Le groupe Safran accorde une grande place à la formation. Son président Philippe Petitcolin avait confié dans une interview pour la Lettre 3AF<sup>2</sup> : *innover suppose d'être formé en permanence.* Cette volonté s'est traduite par la création de Safran University, creuset où se fondent toutes les connaissances du groupe. Cette université interne est décrite dans ce recueil par Valérie Guénon.

Des missions aussi complexes que celles du secteur ASD ne peuvent en effet voir le jour que grâce à un corps d'ingénieurs et de techniciens aux multiples compétences, d'où la nécessité de formations initiales très spécialisées au sein des écoles et des universités. Ces compétences doivent cependant être entretenues tout au long de la vie professionnelle. L'organisme EUROSAE assure depuis plus de 60 ans une formation continue qui suit la forte évolution des techniques que connaît ce secteur d'activité. Son directeur Eric Maïni est interviewé dans ces pages.

*Les Entretiens de Toulouse* sont venus apporter un souffle nouveau à la formation professionnelle en privilégiant *la formation par le débat*. Chaque année plus de 400 participants sont réunis à Toulouse.

Cette formation est parvenue en l'espace de douze ans à se positionner comme un acteur majeur dans le secteur ASD. Michel Rochet, l'un de ses fondateurs et Jean-Claude Hironde, actuel président du comité de pilotage, donnent toutes les spécificités de cette formation originale.

L'existence de formations continues de qualité est la clef de la réussite des entreprises innovantes, mais à côté de cette méthode institutionnalisée, la transmission du savoir en entreprise s'est toujours faite naturellement, les plus anciens instruisant les plus jeunes. Le dernier article de ce fascicule en est l'illustration. Il raconte la transmission de compétences sur la thématique des entrées d'air, depuis Jacky Leynaert jusqu'à Pierre Grenson, en passant par Gérard Laruelle, président du comité jeunes 3AF et chef d'orchestre de ce transfert de connaissances exemplaire. Pierre Grenson a animé en 2019 un entretien de Toulouse sur ce thème au sein du domaine *Innovation et compétitivité*, coprésidé par Gérard Laruelle. L'article reproduit dans ces pages se déroulant sur fond de l'épopée Concorde, le cahier se poursuit par deux autres articles apportant des compléments sur la conception des entrées d'air du premier supersonique civil dans la soufflerie S5Ch de l'ONERA-Meudon.

Concorde a été l'un des résultats emblématiques de la politique industrielle voulue par le général de Gaulle. L'occasion de rappeler une appréciation sur le commandant de Gaulle, datée de 1931 : *Depuis deux ans que je peux l'apprécier... je n'ai cessé d'éprouver pour l'ensemble des qualités morales et intellectuelles qu'il possède une estime mêlée d'admiration. J'insiste sur les mérites hors pair de ce soldat qui développe par un travail constant les qualités qu'il a conscience de posséder*<sup>3</sup>. Cette note élogieuse et prophétique émane du général Bigault du Granrut, commandant supérieur des Troupes du Levant. Il poursuit recommandant *qu'il y a intérêt pour le bien de son armée et de toute l'armée à pousser rapidement aux hautes situations où il donnera sa pleine mesure et ne décevra pas*<sup>3</sup>.

Le général Bigault du Granrut ne venait-il pas de déceler *un talent de demain* ?

---

Bruno Chanetz

1 - [https://w3.onera.fr/alumni/sites/w3.onera.fr/alumni/files/invitation\\_7\\_octobre\\_-\\_les\\_talents\\_de\\_demain-1.pdf](https://w3.onera.fr/alumni/sites/w3.onera.fr/alumni/files/invitation_7_octobre_-_les_talents_de_demain-1.pdf)

2 - Lettre 3AF n° 31 : <https://www.3af.fr/sites/default/files/lettre-3af-31-online.pdf>

3 - Description du lot n° 8 pages 12 et 13 - Lettre autographe de Charles de Gaulle au Général Louis Bigault du Granrut du 6 décembre 1931 - catalogue Pierre Bergé pour la vente du mardi 7 décembre 2004 à Drouot Richelieu.

# 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. ■

# FORMATIONS ET CARRIÈRES

## SAFRAN UNIVERSITY

Par Valérie Guénon, directrice



L'université Safran à Massy

Fondée en 2010, Safran University a pour vocation d'accompagner le développement des compétences, l'intégration et la transformation du Groupe Safran. Les formations et les événements organisés par l'Université poursuivent un triple objectif :

- **Renforcer les compétences des collaborateurs.** Dans un Groupe de haute technologie, les compétences et le savoir-faire des collaborateurs sont un atout stratégique. L'accélération des évolutions technologiques nécessite que chacun soit toujours au meilleur niveau, au bon moment et dans les domaines où on en a besoin. Cela concerne les compétences et savoir-faire techniques et opérationnels de tous les métiers, ainsi que les compétences comportementales, dont on sait aujourd'hui qu'elles sont un formidable vecteur de performance opérationnelle. Une attention particulière est portée sur des compétences transverses telles que le Lean-sigma ou la conduite de projets et de programmes.

- **Contribuer à l'intégration et au brassage des collaborateurs,** créant un sentiment d'appartenance, favorisant la création de réseaux solidaires et collaboratifs au bénéfice de la performance et permettant les interactions nécessaires à l'innovation. Au moment où Zodiac Aerospace vient de rejoindre le Groupe Safran, cet objectif revêt une dimension encore plus stratégique.

- **Développer les cadres dirigeants et le leadership.** Safran University propose des parcours à des cadres pour les préparer à des rôles de dirigeants, ou les renforcer et les développer dans des postes qui sont clé pour le Groupe. L'offre de formation permet à chacun, manager ou non, de développer les 5 compétences du modèle de leadership de Safran :

- mobiliser autour d'une vision partagée;
- manager par l'exemple;
- gagner en équipe;
- responsabiliser ses collaborateurs;
- oser innover.



Avec le numérique et l'évolution des méthodes pédagogiques, les formes d'apprentissage se diversifient. Safran University propose un choix croissant de formations à distance, accessibles par tous les salariés, que chacun peut suivre à son rythme et qui permettent des échanges en réseau. Ces nouveaux modes d'apprentissage ne remplacent pas les formations classiques dites "présentielles", mais leur permet d'être plus percutantes et de se focaliser sur l'échange et la dynamique de groupe.

Les formations de Safran University sont dispensées dans le monde entier. Mais c'est près de Paris, à Massy, que se trouve depuis 2014 le Campus Safran. Composé d'un auditorium d'une capacité de 480 personnes, d'une vingtaine de salles de cours avec tous les équipements nécessaires à la formation, d'un hôtel de 80 chambres et d'une demeure du XVII<sup>ème</sup> siècle dédiée à l'organisation d'événements, c'est le lieu où les salariés du monde entier peuvent se rencontrer, dans un cadre agréable et convivial, sortir de leur contexte habituel de travail, construire et partager une culture commune. Outre la formation, s'y tiennent ateliers, séminaires, événements d'intégration des récents embauchés et des conférences avec des intervenants de haut niveau.

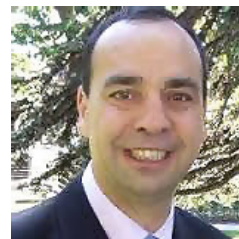


Dans un Groupe qui, au fil des années, s'est constitué d'entités différentes, Safran University est non seulement un lieu de développement des savoir-faire et des compétences, mais un instrument indispensable d'intégration et de transformation. ■

## FORMATION ET CARRIÈRES

# INTERVIEW D'ÉRIC MAÏNI, DIRECTEUR D'EUROSAE

par Bruno Chanetz, Rédacteur en Chef



**B**runo Chanetz : Je me souviens de mon premier contact avec EUROSAE, qui ne s'appelait pas encore ainsi, lorsque jeune ingénieur à l'ONERA, j'avais eu le privilège d'assister en 1984 à une formation à L'École Nationale Supérieure de Techniques Avancées (ENSTA), boulevard Victor à Paris, délivrée par le maître incontesté de la Couche Limite (CL) en France : Roger Michel. Je découvrais quasiment le domaine et prouve que la formation était de qualité, en 1996 je donnais moi-même des cours de CL à Centrale Paris, puis ai révisé en 2004 le polycopié sur le sujet. Depuis j'ai suivi d'autres stages jusqu'à devenir animateur d'un cours, le FM004 concernant la « métrologie en aérodynamique », dont la troisième édition s'est déroulée, comme vous le savez, à la soufflerie Eiffel du 2 au 6 octobre 2017 :

<https://www.emploi-pro.fr/formation-professionnelle/formation-decouvrir-la-metrologie-en-aerodynamique-eurosaef-15703-m-usinenouvelle>

**Ainsi depuis le début de ma vie professionnelle, EUROSAE constitue l'organisme de formation de référence dans le domaine de l'aéronautique, mais de quand date sa création ?**

**Eric Maïni** : L'aventure a débuté il y a plus de 60 ans avec une poignée de passionnés visionnaires, sous la forme associative avec la SAE. EUROSAE est la continuité fidèle de l'activité sous la forme juridique d'une société privée, en l'espèce, une SAS qui a été créée en 2005, mais les gènes d'origine, en particulier, la passion, l'exigence d'excellence et l'esprit visionnaire demeurent.

**B.C. : Combien avez-vous eu d'auditeurs annuellement ?**

**E.M.** : Nous aurons en 2017 un peu plus de 2 510 stagiaires, ce qui est un nombre assez stable depuis plusieurs années. En tout, c'est plus de 150 000 stagiaires qui seront passés chez EUROSAE, en plus de 13 500 sessions, ce qui confère le droit de revendiquer une expérience et un savoir faire certains.

**B.C. : Combien de formations proposez-vous au catalogue ?**

**E.M.** : En 2018, nous proposons 268 formations différentes à haute valeur ajoutée, dans 13 domaines qui couvrent l'ensemble des hautes technologies et de nombreuses disciplines transverses variées, telles que l'ensemble des aspects de la conduite de projet, l'Intelligence artificielle

et l'open innovation pour ne citer que 3 exemples. Notre signature est la qualité de nos intervenants qui sont tous des experts très reconnus dans leur domaine d'excellence.

Notre vivier d'experts de très haut niveau, fruit de ces décennies d'exercice, nous permet également de construire des formations sur mesure permettant de satisfaire les demandes de tous nos clients, parfois très spécifiques. Notre catalogue complet figure à l'adresse suivante :

<http://www.eurosaef.com/>

**B.C. : Quelle est la répartition entre les auditeurs issus du monde aéro et hors monde aéro ?**

**E.M.** : Il est certain que notre histoire, comme notre actualité nous place clairement dans le monde de l'aérospatial, duquel viennent plus de 50 % de nos auditeurs. Pour autant, nous avons de nombreux apprenants venant de mondes très différents, les autres modes de transport, l'énergie, mais également la banque, les assurances, la santé...

**B.C. : Quelles sont les sociétés qui envoient le plus de stagiaires ?**

**E.M.** : Nous formons des cadres de haut niveau de toutes les origines, publique, comme privée. Pour ce qui est du public, notre premier client est le Ministère des armées, la DGA. Nous sommes d'ailleurs son premier prestataire privé de formation continue. Nous avons également comme clients le CNES, l'Armée de l'air, l'ONERA, le CEA ... notamment. Pour ce qui est des entreprises privées, ce sont évidemment les grands acteurs de l'aérospatiale Safran, MBDA, Airbus, Dassault Aviation, Zodiac, DAHER, mais également Naval Group, NEXTER, la Banque de France... De même, nous avons de plus en plus de PME, de TPE et de start-up, qui forment leurs ingénieurs chez EUROSAE, afin de gagner du temps dans le développement de leurs produits et services.

**B.C. : Quelle proportion entre les salariés de l'industrie et ceux de la recherche et du monde académique ?**

**E.M.** : Les proportions varient d'une année sur l'autre, mais nous avons toujours une très forte proportion de stagiaires venant du monde de l'industrie, de l'ordre de 70 %. En effet, nos formations sont directement exploitables professionnellement. Nous attachons une grande importance à l'équilibre théorie/pratique. Nous avons également de nombreux chercheurs et professeurs qui viennent remettre leurs connaissances à jour.

**B.C. : Au niveau des animateurs et intervenants, est-ce la même répartition entre recherche et industrie qu'au niveau des auditeurs ou la part des professeurs et enseignants est-elle plus importante ?**

**E.M. :** La part du monde de l'enseignement supérieur, essentiellement les grandes écoles, représente environ 30%. Nous avons aussi beaucoup de formateurs issus de la recherche, mais la grande majorité de notre vivier est constituée de professionnels qui exercent des hautes fonctions dans le monde de l'industrie.

**B.C. : Comment les services formation des DRH apprécient-ils vos formations ? Etes-vous leader sur le marché de la formation continue au sein des entreprises du GIFAS ?**

**E.M. :** La question est très pertinente ; en effet, la formation doit satisfaire aussi bien les stagiaires que les entreprises qui les emploient. Nous avons des réunions de débriefing à chaud et à froid, avec les stagiaires, mais également avec les services qui achètent nos formations pour leurs salariés. Leur fidélité témoigne de leur satisfaction, mais loin de nous en contenter, nous sommes à l'écoute de leurs besoins, attentes contraintes et spécificités, afin, d'une part, d'y répondre de manière optimale et, d'autre part, d'anticiper les évolutions. Par ailleurs, la plupart de nos clients occupent un siège au sein de notre conseil de perfectionnement dont c'est précisément la mission.

Je pense pouvoir affirmer que nous sommes le leader de la formation continue courte dans le domaine aérospatial. Nos formations très axées sur le maintien, le perfectionnement et l'acquisition de connaissances et de compétences durent en moyenne une semaine, mais peuvent s'étaler d'une à 22 journées.

**B.C. : Proposez-vous des formations au sein des entreprises ?**

**E.M. :** Nous proposons des formations sur mesure, parfois très spécifiques aux entreprises. Nous avons tout un service dédié à cette mission qui prend de plus en plus d'importance et dans laquelle nous pouvons exprimer toute l'étendue de notre savoir-faire qui nous vient de notre expérience en ingénierie pédagogique, mais qui est également le résultat d'un vivier très riche, tant qualitativement que quantitativement, de formateurs de très haut niveau qui manifestent une fidélité à EUROSAE, laquelle témoigne d'une reconnaissance qui fait notre fierté, tout autant que celle de nos stagiaires et de nos clients.

**B.C. : EUROSAE a repris récemment à sa charge « les Ateliers du Bourget », formation qui était auparavant mis en œuvre par le « Collège de Polytechnique ». Dans quelles conditions et pourquoi avez-vous fait cette diversification ?**

**E.M. :** Nous avons effectivement co-organisé la deuxième édition des Ateliers du Bourget qui a eu lieu le 9 novembre dernier, en collaboration avec plusieurs partenaires, en particulier le pôle de compétitivité ASTech, l'académie de l'air et de l'espace, SUPMECA et le comité Richelieu. Les Ateliers du Bourget, sur le modèle des Entretiens de Toulouse, sont axés sur les problématiques des dirigeants d'entreprise vis-à-vis des grands comptes. Cette diversification correspond à l'un de nos axes stratégiques. Comme vous le dites vous-même, les organisateurs principaux nous ont effectivement demandé de prendre la suite du prestataire précédent. Nous sommes d'ailleurs partie prenante dans d'autres manifestations importantes, en particulier les Entretiens de Toulouse, où nous prenons en charge la partie logistique et accueil. Nous avons d'autres projets de ce type en cours de développement, notamment avec le pôle SAFE, seul pôle en France positionné sur la thématique de la sécurité globale. ■



## FORMATION ET CARRIÈRES

# LES ENTRETIENS DE TOULOUSE, UNE FORMATION ORIGINALE PAR LE DÉBAT

par Bruno Chanetz, membre émérite 3AF

**B**runo Chanetz participe aux Entretiens de Toulouse (ET) depuis l'origine, d'abord en tant que coordinateur du domaine aérodynamique, puis comme membre du comité de pilotage au titre de l'ONERA et de la 3AF. La première édition des Entretiens de Toulouse (ET) remonte à 2008. La dixième édition a ainsi eu lieu en avril 2017. Le dixième anniversaire se produira donc les 10 et 11 avril 2018. Le programme est disponible à l'adresse suivante : <https://entretiensdetoulouse2018.com/>

Pour faire un point sur cette formule de formation, qui reste sans équivalent, il s'est entretenu avec Jean-Claude Hironde, membre de l'Académie de l'Air et de l'Espace (AAE), membre du Haut-Conseil scientifique de la 3AF et Président du comité de pilotage des ET, ainsi qu'avec Michel Rochet, représentant de L'École Polytechnique Executive Education (X-EXED), organisme de formation encore connu sous son appellation antérieure : Collège de Polytechnique. L'article résulte de cet entretien.



Jean-Claude Hironde et Michel Rochet

### ORGANISATION

Cette formation, à laquelle la 3AF est associée depuis les premières années, est devenue au fil du temps un événement majeur pour le domaine de l'aéronautique et du spatial français. Cet événement est organisé par l'AAE et X-EXED, l'Académie apportant son soutien scientifique et X-EXED s'occupant de l'organisation logistique et de l'approche pédagogique.

L'AAE, a été créée en 1983, sous l'égide de la Ville de Toulouse dont le maire était Dominique Baudis. Elle rassemble plusieurs centaines de membre, issus du monde de l'aéronautique et de l'espace, dont l'actuelle présidente est Anne-Marie Mainguy, haute conseillère auprès de l'ONERA et ancienne présidente du Groupe Ile de France de la 3AF.

L'académie apporte aux ET l'aspect scientifique et technique et fait bénéficier de son large réseau vers les industriels. La marque « Entretiens de Toulouse » est déposée et appartient à l'AAE.

X-EXED, a été créée en 1990 en tant qu'association sous le nom de Collège de Polytechnique, avec pour mission la formation continue des ingénieurs et cadre. L'administrateur à l'origine Jacques Bouttes était directeur des Études de synthèse à l'ONERA. Cette structure était constituée de trois membres moraux : l'École polytechnique, l'association des polytechniciens (AX) et Polytechnique Fondation. Devenu une société privée en 1998, le Collège de Polytechnique est redevenu depuis 2016 filiale à 100 % de l'École Polytechnique et a pris le nom d'X-EXED. L'organisation des ET représente pour X-EXED, de l'ordre de 6 à 7 % de son chiffre d'affaire annuel. Le résultat est partagé entre l'AAE (1/3) et X-EXED (2/3).

### LES « PÈRES FONDATEURS »

Les Entretiens de Toulouse sont nés, sur le modèle des Entretiens de Bichat entre professionnels de la médecine, d'une initiative de deux académiciens de l'Air et de l'Espace, Jean Delacarte et Jacques Bouttes, toujours membres du comité de pilotage.

### LE FORMAT DE L'ENTRETIEN

Le format n'a pas varié depuis le début. Chaque entretien dure trois heures, avec trente à quarante minutes de présentation, faite par l'expert du domaine et le reste de la session est consacré au débat. Rien à voir avec une présentation de congrès, où la partie discussion est limitée à cinq minutes dans le programme, mais est souvent réduite du fait des retards pris au cours de la journée. L'accent est mis aux ET sur la discussion avec le présentateur, mais aussi entre les participants. Un modérateur permet d'engager la discussion, répartir les prises des paroles et permet à chacun de s'exprimer. Le rôle du modérateur s'est affiné au cours du temps. De spécialiste du domaine à l'origine, il est désormais choisi pour sa relative ignorance des problèmes traités, ceci afin qu'il ne soit pas tenté d'acaparier la parole et pour qu'il se cantonne à modérer la discussion sans trop l'orienter. C'est un processus de grande précision, qui s'est affiné progressivement, une alchimie, presque une démarche de couturière. Le mécanisme ne se prête pas directement à la transmission du savoir théorique. En revanche il favorise la prise de conscience des grands enjeux de l'aéronautique et de l'espace. Les experts recrutés pour les entretiens sont des spécialistes dans leur domaine de compétences. Ce sont des opérationnels qui parlent de ce qu'ils font tous les jours. Ils sont au contact permanent avec la technique et parlent avec passion de ce qu'ils font.

### UNE LARGE OFFRE SANS CESSER RENOUVELÉE

En 2017, c'étaient 13 domaines représentés. Chaque

## FORMATION ET CARRIÈRES

### LES ENTRETIENS DE TOULOUSE, UNE FORMATION ORIGINALE PAR LE DÉBAT

domaine propose quatre entretiens sur les deux jours, ce qui fait 52 entretiens. À l'opposé d'une formation classique, où le même cours est répété à 90 % d'une année sur l'autre, aucun entretien n'est reconduit l'année suivante. Ainsi depuis le début, ce sont 500 entretiens différents qui ont eu lieu. Le livre qui rassemble les contributions écrites des intervenants, remis aux auditeurs lors de l'inscription, constitue une base de données de premier ordre. Chaque sujet est présenté en 4 à 5 pages par le ou les experts de l'entretien. Ce renouvellement incessant des thématiques et des sujets est dicté par les problématiques émergentes, dont l'usine du futur et le « domaine drone » sont de bons exemples.

#### L'OBJECTIF DE LA FORMATION ET SES RETOMBÉES

Plutôt que d'une formation, il s'agit de l'acquisition de compétence. Cette formation scientifique de haut niveau se situe sur deux plans ; un approfondissement et une ouverture. La manière dont l'AAE est arrivée à associer l'ensemble de la profession est un modèle. Les ET sont vraiment l'émanation de la profession. Ils rassemblent ceux qui comptent dans la technique aérospatiale. Le but est de former des gens d'expérience sur des domaines ayant un lien proche de leur métier afin qu'ils acquièrent eux-mêmes de la compétence au contact des experts et des autres auditeurs, qui détiennent eux-mêmes des compétences spécifiques. Cette mise en commun des compétences est profitable à tous.

J.-C. Hironde et M. Rochet se souviennent avoir fait une présentation des ET, il y a quelques années, au patron des bureaux d'études d'Airbus et comme ils lui demandaient ce qu'il pensait de cette formation par le débat, ce dernier avait appelé deux de ses collaborateurs ayant participé aux derniers ET, lesquels avaient confié avoir beaucoup appris en deux jours, reconnaissant qu'il y avait bien une université interne chez Airbus, mais qu'elle n'apportait pas la même chose que les ET : on y trouvait pas autant d'information. En effet aux ET ce n'est pas une information congénitale. Il y a beaucoup de brassage d'idée avec des personnes d'origine diverses. C'est ce creuset de compétences, qui est profitable à tous, les experts apprenant des auditeurs et les auditeurs entre eux.

J.-C. Hironde et M. Rochet avaient également rencontré le secrétaire général de MBDA, Olivier Martin, membre du bureau 3AF, qui séduit par la formation, avait demandé à Pierre-André Roth, membre 3AF, de rejoindre le comité de pilotage des ET, et d'être en interne MBDA, le point focal pour recueillir les demandes de participation et encourager les collaborateurs de MBDA à profiter des formations ET. Il nous délivre sa vision ci-contre. De même Philippe Forestier, directeur général adjoint, chargé des Relations extérieures et les Affaires internationales chez Dassault Systèmes, nous donne son opinion.



**ENTRETIEN AVEC  
PIERRE-ANDRÉ  
ROTH, DIRECTEUR  
TECHNIQUE DES  
DÉVELOPPEMENTS  
FRANCE CHEZ MBDA.**

P.-A. Roth ne connaissait pas les ET avant d'être délégué au comité de pilotage par Olivier Martin, secrétaire

général de MBDA. Pour lui les ET sont très teintés « aéronautique civile ». Ce ne sont pas les Entretiens de Balard ! Mais il y a une place originale à trouver, car MBDA a l'ambition de tenir sa place dans le concert aéronautique national. P.-A. Roth voit également son action comme un soutien à la démarche de J.-C. Hironde et M. Rochet, car il la trouve intéressante. Son rôle il le conçoit avec deux volets :

- adresser des collaborateurs MBDA aux ET, car c'est bénéfique pour les participants au niveau culture aéronautique et développement sur le moyen-long-terme ;
- animer des entretiens avec des ingénieurs MBDA, afin de développer le rayonnement de ces experts.

Parmi les retombées, MBDA devient plus lisible dans la profession. Par exemple aux ET 2016, où une représentante de MBDA était intervenante pour un entretien sur le traitement d'image dans le domaine militaire. Ce fut à cette occasion que les responsables de domaine ont découvert les compétences de MBDA dans de cette technologie !

Au niveau du nombre de collaborateurs MBDA participant chaque année aux ET, la cible est d'une dizaine environ par an. Il s'agit d'ingénieurs confirmés de plus de trente ans, ayant des responsabilités dans les départements techniques. Ils sont incités à prendre connaissance de domaines connexes aux leurs. Une part des ingénieurs, environ quatre ou cinq, prennent goût aux ET, au point d'y retourner tous les ans. Le programme circule en interne de façon ciblée selon les sujets d'entretien de l'année sous l'impulsion de P.-A. Roth, mais aussi de manière plus officieuse et plus libre. Le bouche à oreille fonctionne très bien et l'intérêt qu'y ont trouvé les participants de l'année N déclenche des vocations l'année N+1, d'autant que des comptes rendus assez détaillés, rédigés spontanément circulent au sein de MBDA. L'organisation en charge de la gestion des experts techniques de MBDA est aussi associée au ciblage des participations.

Pour P.-A. Roth, il faut aussi une motivation propre du collaborateur vis-à-vis des sujets d'entretiens, car il est

## LES ENTRETIENS DE TOULOUSE, UNE FORMATION ORIGINALE PAR LE DÉBAT

mobilisé deux jours avec un déplacement à Toulouse et le processus d'autorisation hiérarchique est assez rigoureux. Personnellement P.-A. Roth est convaincu de l'intérêt de la formule des ET, car le débat :

- met en exergue par nature les méthodes de raisonnement, en s'attachant plus à développer la compréhension que le savoir ;
- permet des échanges constructifs, même avec la concurrence ;
- permet aux ingénieurs de développer une vision technique multi-secteur, de sortir du contexte-militaire et d'établir des liens avec les autres branches en prenant conscience des enjeux nationaux de l'industrie aéronautique civile ;
- augmente la capacité de réseautage au niveau mana-

géral, ce qui est une des forces de l'aéronautique française.

Pour P.-A. Roth la règle de non-diffusion du power point du présentateur est importante, car elle permet la liberté des échanges.

Enfin au niveau de l'ouverture des ET à l'international, P.-A. Roth pense qu'il faut être prudent : certes la langue anglaise est incontournable en aéronautique, mais on apprécie de discuter pour une fois en français, car il y a plus de décontraction et l'objectif de la discussion est plus facilement atteint dans sa langue maternelle. Cependant il ne faut pas se priver, comme cela a déjà été réalisé, d'accepter des présentations en anglais.



**ENTRETIEN AVEC PHILIPPE FORESTIER, DIRECTEUR GÉNÉRAL ADJOINT, CHARGÉ DES RELATIONS EXTÉRIEURES ET DES AFFAIRES INTERNATIONALES CHEZ DASSAULT SYSTÈMES, MEMBRE FONDATEUR.**

Philippe Forestier a découvert les ET il y a cinq ans grâce à Jean-Claude Hironde et a tout de suite été séduit par cette méthode pédagogique innovante. Cette année une vingtaine de collaborateurs de Dassault Systèmes ont participé aux ET. Toutefois Ph. Forestier reconnaît que les premières années, il a fallu d'une part trouver des volontaires pour assister aux ET, et des intervenants pour prendre en charge des thématiques (4 modules sont pris en charge par Dassault Systèmes) et d'autre part faire admettre à l'entreprise l'intérêt que cette formation soit éligible aux budgets de formation continue : « Au début, il a fallu convaincre les collaborateurs et les consultants dans notre organisation Industrie Aero/Defense. Nous avons nommé un responsable des ET, en l'occurrence Jean-Luc Dunis à Dassault Systèmes, qui est le point central interne et l'interlocuteur des ET. Nous traitons ensuite les demandes avec le service en charge de la formation continue, qui traite l'aspect financier des inscriptions. Jean-Luc Dunis propose des sujets et des intervenants. Ceux-ci peuvent appartenir à d'autres organisations de Dassault Systèmes, ou même être des consultants extérieurs. »

Le retour des ingénieurs de Dassault Systèmes est excellent et ils veulent quasiment tous se réinscrire

l'année suivante, tant le niveau de satisfaction est grand, d'où une participation en forte croissance d'année en année. La pédagogie par le débat permet en effet à tous les auditeurs de progresser en bénéficiant des modules sur l'innovation et les nouvelles technologies qui éclosent chaque année. Tous les participants étant des professionnels dans leur domaine et ayant ainsi une valeur ajoutée dans le débat, cette formation n'est pas à sens unique, mais constitue un véritable échange collaboratif entre les participants et permet à chacun de s'enrichir. Philippe Forestier se souvient de son interrogation auprès de Jean-Claude Hironde la première année, car il se demandait comment une courte présentation de quinze minutes allait permettre ensuite un débat aussi riche et aussi long ...et il ajoute « je sais maintenant qu'il faut souvent arrêter le débat au bout de trois heures ! ».

Les ET sont une véritable formation professionnelle sur les métiers et les rôles, en permanente évolution dans la nouvelle économie, avec de multiples innovations, souvent de rupture, que tous doivent appréhender. Le format de deux jours, permettant d'assister à quatre modules d'une demi-journée est idéal, car somme toute assez court. Philippe Forestier y voit un autre avantage « cela permet à chacun de connaître ses pairs des autres entreprises et je sais que les échanges peuvent se poursuivre par la suite. De plus il y a un vrai travail de réflexion avec les dirigeants des ET pour identifier les nouveaux sujets qui se préparent tout au long de l'année. »

Pour Philippe Forestier les Entretiens de Toulouse constitue un plus pour l'entreprise : « Il est important que la société se dote d'ingénieurs qui parlent le langage de nos clients et comprennent bien leurs besoins. Aussi cette formation permet à nos ingénieurs de rester au top de leurs compétences, grâce à

## FORMATION ET CARRIÈRES

### LES ENTRETIENS DE TOULOUSE, UNE FORMATION ORIGINALE PAR LE DÉBAT

une acquisition continue des nouvelles technologies et leur permet de développer leur réseau avec lequel ils peuvent continuer à dialoguer. Pour moi, il y a peu de différences entre l'intervenant et l'auditeur ... mais il est vrai que les collaborateurs nouveaux dans l'entreprise et moins expérimentés sont plutôt auditeurs. »

Au niveau évolution des Entretiens de Toulouse, Philippe Forestier est favorable au passage à l'anglais, car c'est la langue la plus utilisée dans l'entreprise, le marché de Dassault Systèmes étant principalement à l'international. Les interventions en anglais ne sont pas un problème. Les débats en anglais le sont un peu plus, tant il est difficile d'argumenter dans une langue que l'on ne maîtrise pas complètement. Mais la richesse de ces échanges doit nous stimuler à les proposer

même s'ils sont plus difficiles à organiser. Il ajoute « de plus, de nombreuses innovations proviennent de l'étranger et en particulier des États-Unis et notre présence mondiale chez tous les constructeurs dans le monde de l'aéronautique et de la défense nous permet de connaître les meilleurs experts dans tous les domaines. Nous avons fait participer des intervenants du MIT sur les méthodes de safety dans l'industrie nucléaire; des experts de l'industrie pharmaceutique et du matériel médical pour les aspects modélisation à l'échelle atomique et mésoscopique, des responsables de Lockheed Martin pour des applications de training virtuel. Une ouverture à l'international serait bénéfique pour tout le monde, si on arrive à régler le problème du financement ». ■

## FORMATION ET CARRIÈRES

# TRANSMISSION DE COMPÉTENCES ENTRE GÉNÉRATIONS : QUEL EST LE POINT DE VUE DES JEUNES RÉCIPIENDAIRES ?

par **Pierre Grenson**, Ingénieur à l'ONERA, membre d'Alumni-ONERA et **Gérard Laruelle**, ex-ingénieur de l'ONERA

### 1. INTRODUCTION

Les compétences, notamment techniques, constituent un capital crucial pour les entreprises. Beaucoup sont matérialisées par des rapports, des conférences, des cours, etc., mais le savoir-faire reste encore, en très grande partie, dans la tête du personnel. Par différents moyens, les seniors vont essayer de stocker informatiquement tout ce qui est possible en vue de transmettre ce capital aux jeunes.

Maintenant, on doit se poser la question : "Comment les générations suivantes vont retrouver et assimiler ce savoir et le savoir-faire acquis au cours des carrières des seniors ?". Ces questions se sont posées lorsque Gérard Laruelle (71 ans) a souhaité retransmettre son cours de prises d'air à un jeune spécialiste du même sujet Pierre Grenson, (Junior- 29 ans) afin de garantir le maintien des compétences françaises sur ce sujet et très concentrées sur l'ONERA.

Pour supporter cette réflexion, Gérard Laruelle a confié un projet de recherche à un groupe de 5 élèves de 3<sup>e</sup> année de l'Ecole Centrale Lyon. Ils ont aidé à donner l'avis des jeunes, notamment en organisant une petite enquête basée sur 39 juniors.

Notre réflexion se fera en trois temps. Dans le premier, on s'attachera à dresser les portraits robots du junior type et des seniors types. On s'intéressera ensuite aux compétences que ces derniers doivent transmettre. Enfin, on décrira la façon dont ce transfert peut être mis en œuvre. Chacun de ces points sera illustré par le témoignage de notre " junior " dans le contexte de son domaine d'expertise de la transmission avec deux " seniors ", le premier encore actif au sein de l'entreprise (n°4) et l'autre à la retraite (n°2).

### 2. SIX GÉNÉRATIONS DE SPÉCIALISTES " PRISES D'AIR ", CINQ VIVANTES

Notre " junior ", Pierre Grenson, est embauché à l'ONERA en 2016 à la suite d'études et d'une thèse à l'ISAE-SUPAERO. À son arrivée à l'Office, son poste est identifié par une thématique technique forte : les prises d'air supersoniques.

Les recherches sur les prises d'air ont été introduites à l'ONERA par Pierre Carrière, Directeur Scientifique de l'Aérodynamique dans les années 50/70 et enseignant très

rapidement cette spécialité. Il nous a maintenant quitté mais il avait, très tôt, embauché Jacky Leynaert pour développer ce sujet. Cette thématique a effectivement pris beaucoup d'essor dans les années 1960 avec le programme franco-britannique Concorde dont Jacky Leynaert a été un des pionniers (Senior 1, 88 ans). Il a en effet su révolutionner les compétences à l'aide de son exploitation très fine de nombreux essais en soufflerie. Son concept de prise d'air supersonique a permis la réalisation et l'exploitation du Concorde.



Pierre Carrière

À son tour, il embauche Gérard Laruelle (senior 2 - 71 ans) qui durant les années 70-80, va maintenir l'activité prises d'air avec de nombreux essais réalisés à l'ONERA. Lui et son équipe, dont François Falempin (Senior 3 - 59 ans), ont largement contribué aux programmes français de missiles à stato-réacteur (Scorpion, Modèle Probatoire, Stato Rustique, ASMP, etc.). Gérard Laruelle est maintenant à la retraite mais poursuit l'enseignement de l'aérodynamique des prises d'air avec un cours initié en 1992 pour une formation en Afrique du sud.

Les années 1990-2000 ont vu démarrer et croître l'utilisation de la mécanique des fluides numérique (CFD) pour le calcul des prises d'air à laquelle a contribué Philippe Duveau (Senior 4 - 54 ans). La CFD a progressivement pris une part prépondérante par rapport aux essais en début du 21<sup>e</sup> siècle. Notre Junior et Philippe Duveau travaillent aujourd'hui sur les prises d'air d'un futur missile de croisière (horizon 2030) dans le cadre d'un PEA " métier " en support du programme franco-britannique FCASW (Future Cruise and Anti-Ship Weapon).

## FORMATION ET CARRIÈRES

### TRANSMISSION DE COMPÉTENCES ENTRE GÉNÉRATIONS : QUEL EST LE POINT DE VUE DES JEUNES RÉCIPENDAIRES ?

Il est important de rappeler la très forte implication de Claude Sans qui a accompagné tous les seniors, de Jacky Leynaert à Philippe Duveau, dans leurs recherches et essais sur les prises d'air.

#### 3. PORTRAITS ROBOTS DU JUNIOR ET DES SENIORS

Avant de s'intéresser au transfert de compétences proprement dit, il convient de dégager les caractéristiques des divers intervenants impliqués dans ces transferts, le junior et les seniors.

Le junior maîtrise les outils informatiques comme une seconde langue maternelle. L'emploi de cet outil pour répondre à n'importe quelle étude est automatique. En première instance, le junior recourt à Internet pour s'informer sur un sujet nouveau. Le jeune d'aujourd'hui aspire à un besoin de reconnaissance rapide. Il aime généralement bien comprendre les choses et le pourquoi de ses actions (donner du sens à son travail). On peut également constater qu'il remet plus aisément en cause l'autorité et porte rarement la cravate de ses aînés. À noter que la trajectoire professionnelle du junior actuel se caractérise par une forte mobilité, dans l'entreprise ou ailleurs, appréciée (provoquée) ou non par la hiérarchie. Le junior, baigné dans l'esprit d'échange associé à Internet, ne rechigne généralement pas à partager l'information avec ses congénères.

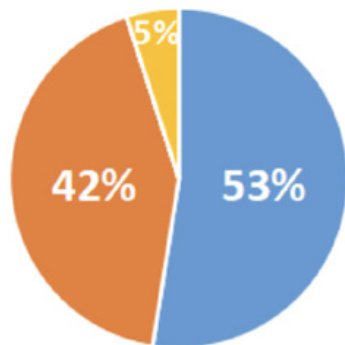
Le senior est souvent identifié par un titre d'expert ou tout simplement par la reconnaissance de ses confrères vis-à-vis de sa spécialité. Pour les thèmes peu évolutifs (mécanique, structure, etc.), il y a travaillé de longues années et conserve toute sa vie, une bonne vue d'ensemble. Pour les thèmes très évolutifs (électronique, informatique, etc.), son expertise impose qu'il soit encore impliqué dans les actions en cours. On identifie ainsi deux types de seniors selon qu'ils sont encore opérationnels ou qu'ils conservent seulement l'expérience acquise au cours

de leur carrière (fin de carrière ou retraite). On va surtout considérer ici la seconde option. Actuellement, un tel senior a très souvent un acquis fortement basé sur l'expérience et plus ou moins sur le calcul. Dans notre exemple de prises d'air, les calculs de Gérard Laruelle étaient plus que modestes, sans aucune comparaison avec la situation actuelle. Inversement, les possibilités d'essais en souffleries étaient fort nombreuses et sur des applications très variées (notamment à l'ONERA). Comme souvent l'exploitation des mesures était manuelle ; chaque point traité était choisi judicieusement en liaison forte avec la physique du phénomène considéré.

On peut compléter ces portraits robots " seniors " par un des résultats acquis par les jeunes centraliens : leur volonté ou leur réticence à transmettre leurs acquis, notamment s'ils ne sont pas indemnisés (cas des plus de 65 ans dans les formations publiques). Une première réponse est illustrée par la figure ci-dessous.

#### 4. COMPÉTENCES

Qu'entend-on par compétences ? Et quelles compétences faut-il transmettre ? La réponse à ces questions dépend du domaine concerné. Certains sont plus sensibles que d'autres au transfert de compétences techniques. Prenons le domaine de la maintenance aéronautique ; les avions de ligne sont conçus pour rester en opération sur 3 à 4 dizaines d'années. Dans ce contexte, il est indispensable que les techniques soient transmises d'une génération à l'autre, les formations actuelles voulant notamment se limiter à la préparation du futur. Dans le domaine de la conception, les outils à la disposition de l'ingénieur ont fortement évolué. Certaines compétences sont jugées inutiles car associées à des outils considérés maintenant comme caducs (par exemple la méthode des caractéristiques en aérodynamique supersonique). Est-ce vrai si l'on veut apprendre aux jeunes le vol supersonique ?

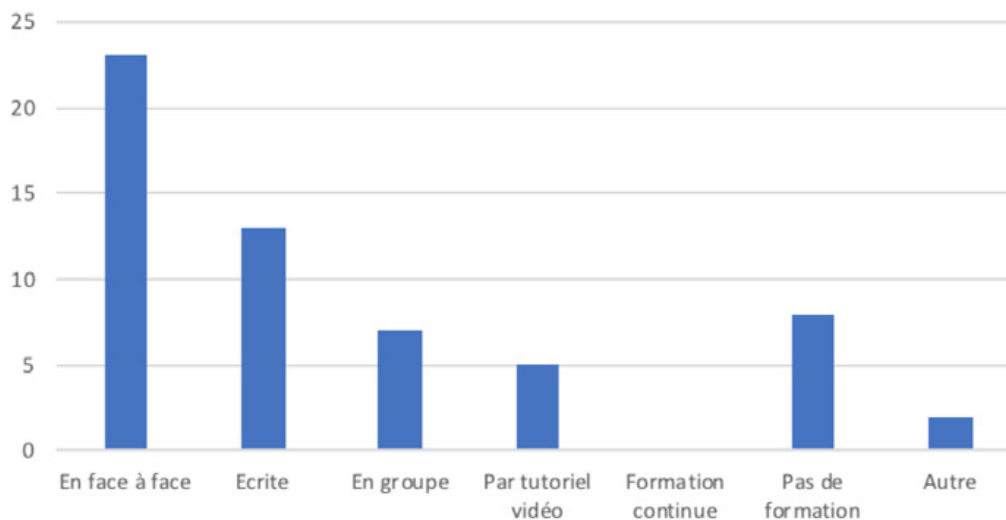


■ Oui, quelles que soient les conditions ■ Oui, si valorisé ■ Non ■ Pas de volonté particulière

*Intérêt des seniors pour l'enseignement*

## FORMATION ET CARRIÈRES

### TRANSMISSION DE COMPÉTENCES ENTRE GÉNÉRATIONS : QUEL EST LE POINT DE VUE DES JEUNES RÉCIPiENDAIRES ?



Premiers échanges lors d'un premier poste

Il est difficile de définir ce que sont les compétences. Il ne s'agit pas uniquement du savoir (généralement rassemblé dans les livres, communications, cours) mais surtout du savoir-faire, c'est-à-dire du savoir que l'on est capable d'appliquer pour répondre à un besoin concret. Du point de vue d'un junior, les informations pertinentes à "retirer" du senior sont multiples. Tout d'abord le savoir-faire d'un senior se rapproche d'une liste des "erreurs à ne pas faire". Les erreurs sont rarement consignées telles quelles dans les rapports. Vient ensuite la connaissance de l'historique et de la succession des programmes, très utile pour le junior afin de dégager la trajectoire de la thématique. Enfin, les compétences de chacun dans une entreprise sont rarement référencées ("Qui sait quoi?"). L'annuaire dans la tête du senior peut se révéler fort utile, dans la mesure où ce type d'annuaire existe rarement de manière physique. Certains syndicats ont déjà considéré cette approche comme de l'identification du personnel, donc non acceptable.

#### 5. TRANSFERTS

Après avoir dressé le portrait du junior et des seniors et discuté des compétences à transmettre, on s'intéresse à la façon dont le junior sera amené à les recevoir. On peut noter ci-dessous le résultat de l'enquête de l'Ecole Centrale Lyon : comment avez-vous acquis les compétences liées à votre premier poste ? (Répartition sur 39 juniors de moins de 35 ans, voir la figure ci-dessus).

Plus généralement, cinq points ont pu être déjà dégagés : les supports physiques, la discussion, la pratique, le temps et la motivation. Ils sont détaillés ci-dessous et soumis au débat.

#### Supports physiques (documents)

A l'instar des outils de conception, les supports et vecteurs de l'information ont fortement évolués (bandes magnétiques, CD-ROM, DVD, clés-USB, clusters partagés) entre la génération du junior et des premiers seniors. Le support le plus robuste vis-à-vis du temps reste indéniablement le document papier. Le volume (ou poids !) de documents transmis par le senior peut cependant devenir vite handicapant et noyer l'information la plus pertinente. Le rôle du senior ne doit donc pas se limiter à une simple transmission physique de documents, mais doit veiller à commenter l'intérêt de chacun de ceux-ci. Dans ce cadre, le senior, peut être considéré comme la "table des matières" ou l'"index intelligent" de cette littérature, permettant au junior de rapidement trouver l'information utile.

Une fois transmis, la pérennité de ces supports incombe au junior. Heureusement, les technologies actuelles permettent de rapidement numériser et classer une grande quantité de documents papiers, que le junior pourra facilement partager avec ses nouveaux collègues.

Tout ce qui vient d'être mentionné présuppose que les documents existent. Il a donc fallu que le senior, à un moment donné, ait couché par écrit ses connaissances. Dans le domaine de la Recherche et Technologie, les travaux effectués par les ingénieurs sont généralement sanctionnés par la rédaction de rapports (plus ou moins confidentiels) et de communications (scientifiques, cours, livres). Ces dernières sont souvent les plus utiles pour le jeune récipiendaire car elles collationnent plusieurs années d'études sur un sujet et permettent une prise de recul.

## FORMATION ET CARRIÈRES

### TRANSMISSION DE COMPÉTENCES ENTRE GÉNÉRATIONS : QUEL EST LE POINT DE VUE DES JEUNES RÉCIPiENDAIRES ?

Dans le cas où le senior n'aurait pas eu l'occasion de générer de document utile à la transmission, il convient de lui aménager suffisamment de temps pour les rédiger avant le départ à la retraite. Mais est-ce appliqué dans les entreprises ?

#### Discussion

La transmission la plus simple et nécessitant le moins d'investissement pour le senior est la simple discussion avec le junior sous la forme d'entrevues planifiées. Ce genre de discussion nécessite cependant de la part du junior de venir avec une connaissance a priori du sujet (savoir) et une problématique concrète afin de cadrer les échanges. Il peut être compliqué pour le senior, comme pour le junior, de déterminer le point de départ d'une transmission s'il n'y a pas de problème concret à résoudre.

#### Pratique

Un mode de transmission plus efficace est le travail commun intergénérationnel c'est-à-dire lorsque jeune et ancien travaillent ensemble sur le même projet. Ceci implique que le senior soit encore actif au sein de l'entreprise ou impliqué, sur base volontaire et bénévole (encore faut-il que cela soit légal) dans le projet. Ce mode de transmission passe par des échanges très fréquents qui dynamisent fortement le transfert.

Cet échange en collaboration étroite permet également au senior de comprendre le fonctionnement du junior et d'ajuster sa façon de transmettre. En contact étroit avec un jeune maîtrisant les outils numériques, le senior peut plus facilement se mettre à jour sur l'utilisation de ces derniers outils.

Malgré la présence du senior sur le projet, il est nécessaire que celui-ci laisse le junior se tromper (ne pas faire à la place et se limiter aux conseils ; on apprend toujours plus de ses erreurs !) et tester ses propres (parfois nouvelles !) idées. Comparativement à ce que le senior a vécu, le junior d'aujourd'hui est beaucoup moins confronté à l'approche expérimentale directe et réelle de l'objet sur lequel il travaille. L'outil numérique offre néanmoins la capacité au junior d'expérimenter, virtuellement et à moindre coût apparent, un grand nombre de configurations. Un nombre bien plus important que ce qui aurait été possible en essai et pour des configurations bien plus " exotiques " dont l'usinage aurait été trop couteux. Le cycle essai-erreur, carburant nécessaire pour se forger une expérience, s'en retrouve par conséquent fortement raccourci. Mais attention, cela suppose que les codes utilisés soient bien représentatifs de la physique (pour la combustion supersonique, les codes donnaient des orientations contraires aux résultats des essais !).

Attention, à ce que le conservatisme du senior ne s'oppose pas à la créativité (naïveté ?) du junior. On entend régulièrement de la bouche de certains seniors des conseils du genre : " on a toujours fait comme ça, il faut refaire ce qui a marché ".

En l'absence de possibilité d'un travail commun, la transmission d'un cours technique constitue une opportunité de donner un cadre aux échanges senior-junior.

Dans la pratique, une phase de transmission ne doit pas être négligée, c'est celle qui consiste pour le junior (qui devient alors senior) à expliquer une thématique nouvelle à de nouveaux juniors (par exemple nouveaux collègues), lui permettant de consolider ses propres acquis. Comprendre une chose et pouvoir l'expliquer ne requiert pas le même niveau d'assimilation de la matière. Elle nécessite notamment la capacité à prendre du recul.

#### Temps

Il va sans dire que la pratique nécessite du temps. Nous avons mentionné la grande envie de mobilité des juniors actuels. Pour une transmission efficace et pérenne il est nécessaire que le jeune reste en poste sur la thématique un certain nombre d'années. Au manager de s'assurer de la motivation du junior à l'accepter. Il faut néanmoins mentionner que l'expertise s'acquiert aussi par l'augmentation de sa sphère de compétences sur des sujets connexes à la thématique principale. Il permet de prendre du recul et de mieux appréhender la place de son sujet dans un système plus global.

#### Motivation

Une transmission ne peut s'opérer sans le consentement des deux parties. La motivation à recevoir de l'information est évidente pour le junior. Son envie d'aller plus loin que les générations précédentes le pousse à se renseigner sur l'existant. L'exigence de performance sur étude lui demande de pouvoir rapidement trouver des réponses à ses problématiques.

À l'inverse, la motivation d'un senior à transmettre ses compétences n'est en général pas garantie, surtout si ce dernier est déjà parti à la retraite. Dans ce cas, le travail de transmission sera très généralement bénévole. On peut raisonnablement se poser la question : qu'a-t-il à y gagner ? Est-ce une façon de prolonger son propre travail ? L'amour de l'enseignement ? Rendre à la France ce que ses écoles et ses entreprises lui ont permis d'apprendre ?



## FORMATION ET CARRIÈRES

### TRANSMISSION DE COMPÉTENCES ENTRE GÉNÉRATIONS : QUEL EST LE POINT DE VUE DES JEUNES RÉCIPiENDAIRES ?



De gauche à droite devant la veine d'essai de la soufflerie S5Ch de l'ONERA à Meudon le 4 février 2019  
Jacky Leynaert (retraité ONERA), Gérard Laruelle (retraité ONERA et ASTRUM), François Falempin (MBDA), Philippe Duveau (ONERA) et Pierre Grenson (ONERA). Photo de V. Gallina - DCOM - ONERA



Jacky Leynaert et la première maquette de prise d'air du Concorde. Photo de V. Gallina - DCOM - ONERA

La qualité du transfert dépendra également des compétences pédagogiques du senior. Si celui-ci a pris l'habitude d'encadrer des stagiaires/apprentis ou de donner des cours, le message n'en sera que plus clair. Le senior peut aussi se motiver si le junior est jeune et fait de l'enseignement, ce qui permettra de poursuivre l'action vers d'autres et durant de nombreuses années.

#### 6. CONCLUSION

Toute entreprise technologique est, à un moment donné, confrontée à la problématique de la transmission de compétences. Nous avons, dans ce travail, regroupé quelques éléments saillants d'une telle transmission à l'aide du témoignage d'un jeune récipiendaire. Après avoir constaté les différences entre le junior actuel et le senior transmettant et discuté des compétences proprement dites, nous avons mis en évidence au moins cinq points cruciaux pour une transmission efficace : la présence de supports physiques, nécessaires pour la pérennité de l'acquis, la discussion, un cadre d'application pratique (le projet intergénérationnel), le temps et enfin l'envie du senior à partager ses compétences.

Tout cela peut très bien s'organiser et ainsi, très bientôt, le cours sur les prises d'air de Gérard Laruelle sera repris par Pierre Grenson, et même modernisé. ■

## HISTOIRE

# RÉTROSPECTIVE SUR LES PRISES D'AIR DU CONCORDE

par Jacky Leynaert et Gérard Laruelle, anciens ingénieurs de l'ONERA

### Déjà 50 ans !

Le premier vol de Concorde eut lieu le 2 mars 1969. Pour participer au 50<sup>e</sup> anniversaire de ce moment historique, il est instructif de faire une rétrospective concernant ses prises d'air ; elles ont été un point essentiel de la faisabilité de ce bel oiseau.

### Pourquoi des prises d'air ?

Un avion supersonique de croisière, tel que Concorde, ne peut être propulsé que par des turboréacteurs ; ils assurent la croisière mais aussi la montée et la descente de l'avion. Ces moteurs intègrent, de l'amont vers l'aval, un compresseur, une chambre de combustion et une turbine, éléments parfois suivis d'un canal de post combustion pour passer la phase de vol en transsonique (" mur du son "). Une tuyère placée en aval de l'ensemble accélère les gaz ayant traversé le moteur afin d'optimiser la poussée. Cet élément est généralement équipé d'un système de " reverse " (inverseur de poussée) pour aider au freinage de l'avion.

La prise d'air est aussi un élément constitutif du fuseau moteur. Placée en tête, elle capte le débit nécessaire au moteur et doit alimenter le compresseur dans les meilleures conditions possibles : pression élevée, faible distorsion, absence d'instabilités, etc. Pour les vols supersoniques, elle doit aussi ralentir l'écoulement du supersonique au subsonique (jusqu'à environ Mach 0,5) pour

obtenir un fonctionnement correct du compresseur. En pratique, ce ralentissement ne peut être réalisé qu'à travers d'une ou plusieurs ondes de choc. Ces dernières engendrent une augmentation de l'entropie de l'écoulement, donc une perte de pression génératrice, d'où (quasi proportionnellement) une perte de poussée.

La prise d'air de type Pitot (un conduit placé face au vent) est la plus rustique mais induit, pour un vol à Mach 2, une efficacité de 0,72, totalement incompatible avec la croisière d'un avion tel que Concorde. Dans les années 50/60, il existait d'autres prises d'air avec des profils internes optimisés et des rendements de 0,85, à Mach 2, mais causant de multiples soucis lors des variations d'attitude de l'avion ou du régime moteur. Les premiers projets d'avion de transport supersonique se basent sur l'acquis de l'époque, mais les performances sont bien maigres alors qu'il faut y installer des passagers et, au moins, traverser l'Atlantique !! Dès les années 50, l'ONERA travaille sur les prises d'air d'un avion de transport supersonique en liaison étroite avec les industriels franco-britanniques concernés. En quelques années une efficacité de 0,93 (gain de 20 passagers !) est obtenue tout en éliminant les gros soucis de fonctionnement. Concorde va pouvoir voler commercialement.

Concorde est propulsé par 4 réacteurs Olympus, répartis dans deux nacelles positionnées à l'intrados de l'aile gothique de l'avion comme le montre la figure 1. Cet emplacement permet une première compression de l'écou-



Figure 1. Concorde au décollage montrant la disposition des prises d'air

lement capté, induite par la voilure. Des visualisations au tunnel hydrodynamique de l'ONERA permettront de vérifier que le train d'atterrissage principal - placé entre les nacelles (voir la figure 1) - et les trappes de fermeture associées sont compatibles avec le fonctionnement des prises d'air au décollage. Ces dernières sont légèrement écartées de l'aile par un piège à couche limite, dit externe, permettant d'absorber l'écoulement pariétal à énergie réduite contenu dans la couche limite de l'intrados de la voilure. Ce piège devra être de hauteur minimale pour minimiser la traînée. Autre point important : s'assurer qu'en cas de problèmes sur un moteur, il n'y ait pas d'interactions sur son voisin. Une étrave est ainsi placée entre les deux prises d'air adjacentes, juste en amont de la cloison médiane.

Les prises d'air, dites bidimensionnelles, sont carrées avec deux flancs latéraux qui assurent la bi-dimensionnalité des écoulements captés. La figure 2 présente la maquette utilisée à la soufflerie S5Ch de Chalais-Meudon pour mettre au point la prise d'air de Concorde. Comme le montre la visualisation strioscopique de la figure 3, à la partie supérieure, un profil de compression comportant des rampes capables de rotation permet d'adapter la configuration au nombre de Mach de vol. La carène, en partie basse, ferme l'ensemble. L'aire de la section de captation (carrée), très proche de celle de l'entrée ronde du moteur, assure un débit compatible avec les besoins du moteur, pour la plus grande partie du domaine de vol de l'avion. Pour le décollage, des trappes s'ouvrent sous la carène pour permettre d'accroître le débit capté. Cette configuration, très compacte, minimise la traînée des fuseaux moteurs et leur poids.

Tout ce qui est synthétisé ici en quelques phrases représente un énorme travail de recherche, de réflexion et de mise au point, basé essentiellement sur des essais en souffleries (souffleries S5Ch de l'ONERA-Meudon, C4 du LRBA à Vernon, S2Ma du centre ONERA de Modane-Avrieux, Grande-Soufflerie S1Ch de l'ONERA-Meudon, etc.).

Pourquoi une rampe de compression et de quelle forme ? Quelle carène ? Un profil de compression avec plusieurs pentes successives permet de remplacer le choc droit de la prise d'air Pitot (très couteuse en rendement) par plusieurs chocs obliques de plus faible intensité, l'efficacité globale se trouvant de ce fait significativement augmentée. Comme le montre la visualisation strioscopique de la figure 3, cette rampe comportant deux pentes, est définie de façon à faire se focaliser les chocs sur la lèvre de la carène afin d'optimiser débit et efficacité : on dit alors que la prise d'air est " adaptée ". Mais comme le nombre de Mach de vol varie, notamment pour la montée et la descente, la partie aval de la rampe doit être mobile pour maintenir au mieux cet optimum. Avec une telle rampe de compression permettant de passer de Mach 2 à 1,4 environ, la carène peut être configurée pour terminer la partie supersonique de la compression par un choc droit à Mach 1,4, ce qui reste néanmoins assez couteux en terme d'efficacité. Au-delà, le ralentissement se poursuit en subsonique dans le diffuseur reliant la prise d'air à l'entrée du compresseur, en jouant sur la forme et l'évolution des sections pour éviter les décollements et induire une faible distorsion à l'entrée du moteur.



Figure 2. Maquette de la prise d'air type Concorde équipée de fenêtres latérales permettant d'observer le fonctionnement du piège à couche limite

## HISTOIRE

### RÉTROSPECTIVE SUR LES PRISES D'AIR DU CONCORDE

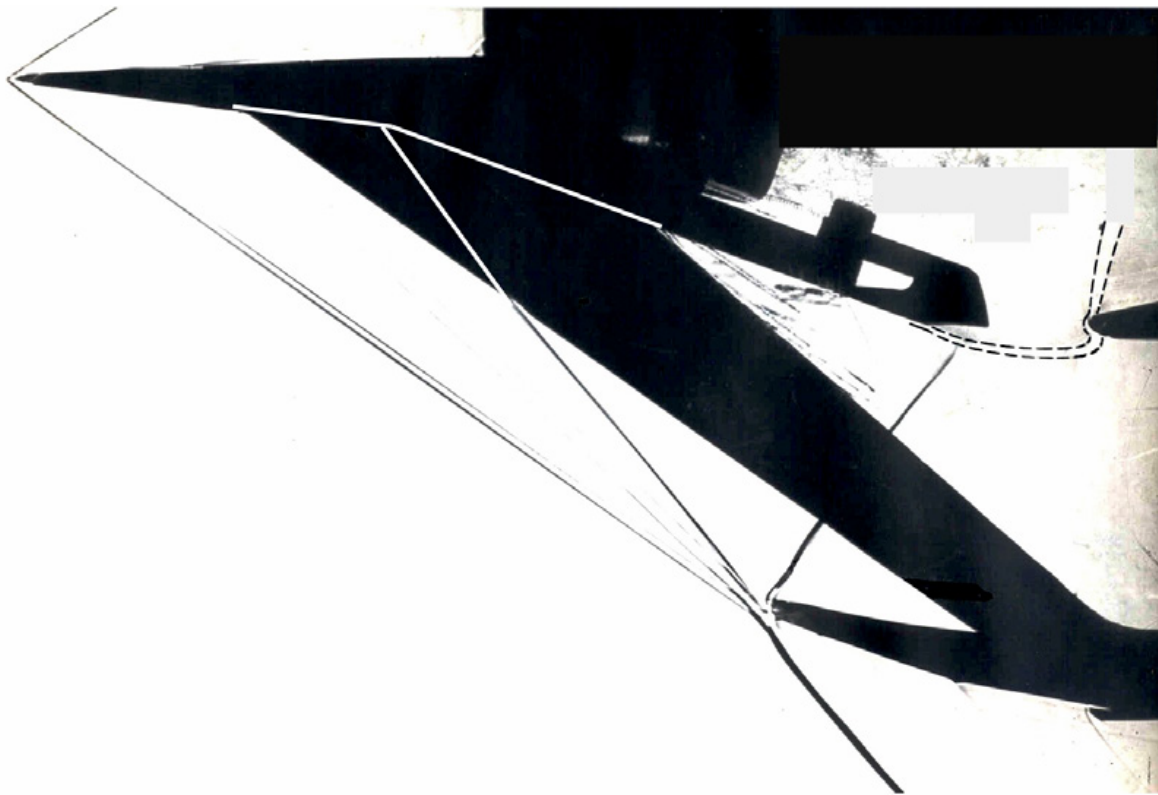


Figure 3. Strioscopie de l'écoulement dans la prise d'air de Concorde montrant les ondes de choc et le piège à couche limite

Cette configuration dite "à compression externe" (pour ce qui concerne la partie supersonique) impose une pente de carène importante qui va induire de la traînée. Pour faire mieux, on diminue cette pente, en même temps que la déviation de la rampe amont. L'écoulement capté reste alors supersonique avec un choc oblique complémentaire à l'intérieur de la prise d'air qui sera suivi d'un choc droit de faible intensité situé au niveau de l'impact du choc oblique sur la rampe de compression qui lui fait face. Cet impact impose la mise en place d'un piège à couche limite, maintenant interne, pour absorber les interactions onde de choc-couche limite, causes de décollement et d'instationnarités. Ce piège apporte l'avantage de séparer le volet de rampe amont qui est mobile, de l'élément de paroi du diffuseur interne, qui lui fait suite, lui aussi mobile. On a alors une configuration dite "à compression supersonique mixte" (le début en externe, la fin en interne). La partie en compression interne pose toutefois des problèmes de stabilité induisant des désamorçages partiels lors des variations de nombre de Mach de vol ou de régime moteur. De telles configurations volaient à l'époque avec un rendement de 0,85 et des problèmes de stabilité, non acceptables pour un avion supersonique commercial.

Voici beaucoup d'ingrédients de conception, mais comme en cuisine, il faut maintenant le savoir-faire pour réussir la recette ! Les études faites à l'ONERA vont introduire des constituants complémentaires pour obtenir une "Super" prise d'air, celle qui rendra Concorde faisable. Ainsi, on va remplacer la compression supersonique interne par un seul choc induit par la carène, choc oblique dit "fort" (au sens solution type choc fort aux équations de choc), suivi d'un écoulement subsonique, et moins intense qu'un choc droit. Ce choc étant plus redressé par rapport au cas précédent, il faudra déplacer vers l'amont le piège à couche limite interne. Ensuite, s'il y a des fluctuations de régime moteur, c'est le piège interne qui absorbera les variations de débit, en maintenant le choc fort de carène et donc la stabilité de la prise d'air. On doit aussi rappeler le gros travail d'optimisation de ce piège interne qui sert de référence (sa pression) pour la régulation et qui assure un débit annexe de quelques pourcents qui va refroidir le moteur et permettre une optimisation de la tuyère, du type double-flux, et son refroidissement. Cette solution aboutira, comme déjà indiqué, à un rendement de 0,93.

Si la nouvelle configuration proposée pour la prise d'air de Concorde peut s'expliquer en quelques mots, il restait à la rendre opérationnelle dans tout le domaine de vol, sans oublier les cas de dérapage de l'avion, etc. Afin d'obtenir la certification, tout cela a conduit à une quantité impressionnante d'essais, de modifications, d'analyses ! A-t-on encore tous les Procès-Verbaux d'essais et les Notes Techniques d'exploitation ? Pas sûr ! On peut aussi se poser la question concernant la concurrence (ou complémentarité) entre les approches, expérimentale d'hier et numérique d'aujourd'hui : comment referions nous un nouveau Concorde ?

Le développement de la prise d'air du missile ASMP (Air Sol Moyenne Portée) a été réalisé en se basant sur l'expérience Concorde. À Mach 2, aucune amélioration n'a été obtenue, il a suffi d'étendre son domaine de vol à Mach 3 et gérer la manœuvrabilité que demandait le missile. On doit noter que les Américains nous avaient indiqué que notre prise d'air ne supporterait pas les instabilités " basse fréquence " liées à la combustion au sein du statoréacteur. Pour éclaircir ce point, un essai très original dans la soufflerie S5Ch du centre ONERA de Meudon a été réalisé avec un porte-voix de la marine (portée de 10 km) pour simuler les instabilités, sans moteur. Ils ont confirmé que le piège avait bien son rôle d'amortisseur et garantissait un bon fonctionnement de la prise d'air.

Pour terminer une petite anecdote. Pierre Carrière, alors Directeur de l'Aérodynamique à l'ONERA, racontait la visite d'Andrei Tupolev à l'ONERA-Meudon: " *Devant la maquette de la prise d'air de Concorde, Tupolev a exprimé sa forte surprise de la voir si courte et pour un rendement aussi remarquable. Et qui dit plus court, dit moins encombrant et plus léger* ".

Jacky Leynaert (Sup-Aéro 1954) et Gérard Laruelle (Sup-Aéro 1970), se sont connus à Sup Aéro, le premier enseignant les prises d'air et le second étant son élève. En 1970, G. Laruelle rejoint l'ONERA pour son service militaire puis son embauche dans la division Aérodynamique Appliquée animée par J. Leynaert au sein de la Direction de l'Aérodynamique dirigée par Pierre Carrière. Dans le cadre du développement du projet Concorde, et à la demande d'Aérospatiale, J. Leynaert va travailler sur l'optimisation des prises d'air du transport supersonique ce qui nécessitera de nombreux séjours en Grande Bretagne, partenaire qui a la responsabilité de la propulsion. Il engagera aussi de nombreuses études dans les souffleries françaises afin d'optimiser les prises d'air de Concorde et deviendra un spécialiste mondial en la matière. En 1977, il quitte la Direction de l'Aérodynamique pour devenir Directeur adjoint des Grands Moyens d'Essais de l'ONERA qui a en particulier en charge la gestion des grandes souffleries des centres de Modane-Avrieux et du Fauga-Mauzac.

Il prend sa retraite en 1993. Jacky Leynaert a longtemps été le titulaire du cours sur les Prises d'air à Sup-Aéro, maintenant ISAE-SUPAERO.



Jacky Leynaert et Gérard Laruelle devant la veine d'essai de la soufflerie S5Ch. Photo de V. Gallina - DCOM - ONERA

La première mission de G. Laruelle à l'ONERA sera de définir les prises d'air d'un missile d'interception Sol Air dont le deuxième étage est propulsé par un statoréacteur entre Mach 3 et Mach 6 avec une très forte manœuvrabilité, tout azimut ; c'est le projet SCORPION. À l'ONERA, G. Laruelle travaillera au développement de plusieurs missiles en liaison avec les industriels Aérospatiale et Matra (Modèle probatoire, ASMP, ANS, missile rustique, etc.) avant de piloter le programme français PREPHA (statoréacteur à combustion supersonique). En 1991, il quitte l'ONERA pour poursuivre son action sur les moteurs hypersoniques, puis de prendre la vice-présidence de la recherche à Airbus Space & defence. En 2007, il participe à la création du pôle de compétitivité francilien ASTech Paris-Région et en prend la direction générale. Il prend sa retraite en 2013 pour s'occuper des jeunes et de leur formation. Président du Comité Jeunes de la 3AF, enseignant dans plusieurs établissements, G. Laruelle est co-animateur du stage sur les prises d'air et les tuyères dans le cadre de la formation EUROSAAE. Il est membre de l'Académie de l'Air et de l'Espace depuis 2016. ■

NOTE DE LECTURE

# CONCORDE, LA LÉGENDE SUPERSO- NIQUE DE GÉRARD MAOUI ET ANDRÉ ROUAYROUX AUX ÉDITIONS PRIVAT

par Bruno Chanetz, membre émérite 3AF, président d'Alumni - ONERA



Le premier vol du Concorde eut lieu le 2 mars 1969. Pour fêter cet anniversaire les éditions Privat éditent un beau livre sous-titré la légende du supersonique. Ses auteurs sont fort légitimes à évoquer le supersonique franco-britannique. Gérard Maoui est spécialisé dans la communication pour l'aéronautique et le spatial. Il a publié de nombreux ouvrages sur cette thématique, principalement dans la collection Ciel du monde qu'il dirige aux Éditions du Cherche midi. André Rouayroux est également l'auteur de nombreux livres sur l'aviation, dont deux parus en 2006 et 2017, déjà consacrés à Concorde. Il est passionné par ce monde où évoluent des gens dotés d'un immense talent, celui de donner vie à des machines de rêve. Ce livre fait la part belle à l'illustration. Il met aussi l'accent sur les hommes qui ont participé à la conception, à la fabrication, aux essais en vol et à l'exploitation de Concorde.

Il aura fallu dix ans d'études pour aboutir à ce supersonique civil qui, à l'instar du paquebot France ou la fusée Ariane, a fait la gloire de notre pays. Le résultat est à la hauteur des ambitions qu'il a suscitées. On connaît le célèbre adage du grand avionneur Marcel Dassault " Pour qu'un avion vole bien, il faut qu'il soit beau ". Or Concorde était un bel avion, la forme gothique flamboyant de ses ailes, définie à l'ONERA, lui conférait une élégance racée.

Dès l'avant-propos les auteurs évoquent la contribution de l'ONERA dans la définition aérodynamique, la conception des entrées d'air des moteurs <sup>1</sup> et l'étude des matériaux. L'ouvrage se divise ensuite en quatre chapitres.

<sup>1</sup> voir dans la présente Lettre les deux articles page 30 et 52 relatifs aux entrées d'air

**NOTE DE LECTURE**

**CONCORDE, LA LÉGENDE SUPERSONIQUE DE GÉRARD MAOUI  
ET ANDRÉ ROUAYROUX AUX ÉDITIONS PRIVAT**

Le premier chapitre *Rêve d'envol supersonique* s'ouvre par de belles photos prises dans les souffleries de l'ONERA à Meudon et Modane, ainsi qu'au tunnel hydrodynamique de l'ONERA - Châtillon<sup>2</sup>. Gérard Maoui est en effet venu consulter les archives de l'ONERA et rencontrer des grands témoins, tel Jacky Leynaert, concepteur des entrées d'air<sup>1</sup>. Les essais de givrage, réalisés au cours de l'hiver 1968-1969 dans la soufflerie sonique S1MA de l'ONERA à Modane sont également évoqués.

Le second chapitre aborde *Les essais en vol*. Les auteurs rappellent que lors du 14<sup>e</sup> vol, l'avion s'alignant sur la place de la Concorde avant de remonter les Champs Elysées, les automobilistes sont spontanément sortis de leur voiture pour applaudir.

Le troisième chapitre relatif à *l'Exploitation* rend compte des difficultés de la commercialisation, montrant que l'exploit technique ne rime pas forcément avec réussite financière. Il évoque aussi les vols affrétés autour du monde avec des records de vitesse, les vols présidentiels et enfin le dramatique accident du 25 juillet 2000 au départ de l'aéroport Charles-de-Gaulle à Roissy.

Le quatrième chapitre *Concorde et après ?* examine la situation du supersonique civil, à la suite du dernier vol commercial du 31 mai 2003. Divers projets actuels sont présentés : démonstrateurs, recherches de la NASA ou de l'ONERA<sup>3</sup> pour vaincre le bang sonique, nuisance majeure freinant l'émergence d'un nouveau supersonique civil.

Enfin un dernier chapitre intitulé *La légende supersonique* conclut l'ouvrage, illustré de photos des lieux où est perpétué le souvenir de cet avion légendaire.

**Extrait concernant les entrées d'air<sup>1</sup>**

La géométrie variable de l'entrée d'air des réacteurs permet d'avoir un régime régulier entrant, notamment en croisière supersonique prolongée. Cette innovation remarquable a été une des grandes réussites technologiques du programme Concorde.

Bernard Dufour, directeur de l'usine de Toulouse raconte à ce sujet :

Accueillant une délégation soviétique conduite par Alexei Tupolev, le patron du programme Tupolev 144, nous effectuons ensemble le tour du prototype 001. Ce n'est pas la première fois que je reçois cet ingénieur aéronautique, fils de l'illustre ingénieur Andrei Tupolev.

Arrivant face aux entrées d'air, il s'arrête, marque une pause, fronce les sourcils tout en sortant de sa poche un mètre ruban.

*" Mais alors que faites-vous ? C'est absolument interdit. Rangez-moi ça !*

*- Vous voyez bien, je mesure, continue-t-il dans un français honorable.*

*- Je vous interdis de continuer, rangez ça immédiatement.*

*- Mais, dites-moi ... pourquoi les avez-vous augmentées de 10 % ?*

*- Je n'en sais rien " , conclut, furieux B. Dufour, tout en sachant en son for intérieur que la remarque était parfaitement juste ! "* ■



Premier vol inaugural du Concorde le 2 mars 1969



Vol du Concorde au dessus de Rio de Janeiro le 21 janvier 1976

<sup>2</sup> voir dans la Lettre 3AF n° 34, page 48 les visualisations d'Henri Werlé

<sup>3</sup> voir dans la Lettre 3AF n°32, page 30 la perche virtuelle aéronautique

**Directeur de la publication : Président 3AF : Louis Le Portz**

**Président du Haut conseil scientifique : Bruno Chanetz**

**Rédaction :**

Philippe Boulan

Valérie Guénon

Bruno Chanetz

Pierre Grenson

Gérard Laruelle

Jacky Leynaert

**Conception graphique Lettre 3AF : ICI LA LUNE**

**Mise en page : Caroline Saux**

**Publication - Octobre 2020**





Association Aéronautique  
Astronautique de France

**6, rue Galilée - Paris**

**Tél. : 01 56 64 12 30**

**Fax : 01 56 64 12 31**

**Email : [gestionmembres@aaaf.asso.fr](mailto:gestionmembres@aaaf.asso.fr)**

**[www.3af.fr](http://www.3af.fr)**

