

LA LETTRE

SPÉCIAL histoires de l'HISTOIRE



ASSOCIATION AÉRONAUTIQUE & ASTRONAUTIQUE DE FRANCE

THINKING AHEAD WITH... PHILIPPE POISSON-QUINTON

AERONAUTICS, FRENCH STYLE

The knack of staying among the leaders without spending a NASA-sized budget to do it where the other fellow doesn't



80 INTERNATIONAL SCIENCE AND TECHNOLOGY April 1967

Comment mieux présenter Philippe POISSON QUINTON qu'en reproduisant cet en-tête d'article du « International Science and Technology » d'avril 67 sur « l'aéronautique à la française » dans lequel PQ (PIKIOU à l'étranger) est décrit comme « a man who has been involved in the development of nearly every airplane and space vehicle designed in France since the war ».

C'est à ce titre que ces « Souvenirs d'un chercheur » sur l'aéronautique des années 60, revêtent un caractère tout à fait particulier pour la communauté aéronautique et spatiale française.

Ces souvenirs, véritables histoires de l'Histoire et dont certaines sont inédites, jalonnent une carrière exceptionnellement longue et riche. Ils nous sont racontés, avec une verve inimitable, par celui même qui fut pour les américains

l'archétype du chercheur français à la pipe dans le monde aéronautique des années 60, ces années fastes où « notre monde aéronautique devint spatial ».

C'est avec un plaisir non dissimulé que nous vous proposons, lecteurs assidus de la LETTRE AAAF, ce numéro « spécial PQ » dont la lecture fera resurgir de notre mémoire collective, un grand nombre de personnages hauts en couleurs de notre communauté aérospatiale, que nous avons eu ou avons encore la chance de côtoyer.

□
Khoa DANG TRAN
RÉDACTEUR EN CHEF DE LA LETTRE AAAF



ÉDITORIAL

N°9 - OCTOBRE 2004

□ DANS CE NUMÉRO : • LA PHOTO DU MOIS 2 • LES HISTOIRES DE L'HISTOIRE 3-16 •

Les Mystères du transsonique



Cette image d'un F/A-18 Hornet passant le mur du son, publiée par Sports Illustrated, Brills Content et Life, récompensée au World Press 2000, a fait le tour des PC du monde entier.

Seule une combinaison, tout à fait improbable de conditions météo et d'événements, a rendu possible cette image étonnante.

Non seulement fallait-il la quantité de vapeur d'eau, la densité et la température de l'air voulues pour qu'apparaisse ce nuage blanc, mais encore l'œil instantané et le savoir faire d'un photographe professionnel pour comprendre et faire exister sur la pellicule un moment aussi furtivement unique, entre apparition et disparition.

C'est à l'enseigne de vaisseau **John GAY**, photographe de la Navy en mission à bord du porte-avions USS Constellation quelque part dans le Pacifique, en route vers le Japon, que l'on doit cette prise de vue, réalisée le 7 juillet 1999, au cours de la manœuvre d'appontage du Hornet piloté par le Lieutenant **Ron CANDILORO**.

Au niveau de la mer, l'avion doit dépasser 1098 km/h pour passer le mur du son.

A une altitude de mille pieds, le pilote a piqué en direction du porte-avions, portant sa vitesse à 1111 km/h. A 62 m du porte-avions, les réacteurs du Hornet frôlent l'océan situé à quelques 23 m plus bas. Des ondes de choc normales aux parois apparaissent pendant la courte durée du vol transsonique, derrière le cockpit et au niveau des ailes et du fuselage. Une forte explosion.

Au bruit **John GAY** appuie une seule fois sur le déclencheur : ça y est !

« Tout était parfait, ce 7 juillet : on pouvait voir ce nuage blanc trembler et grossir, grossir autour de l'avion; un grand bang et le nuage a disparu. »

Le cliché a été réalisé avec un appareil 35 mm Nikon 90 S et un zoom 80-300 mm réglé sur 300 mm, 1/1000 à F5.6.



Khoa DANG TRAN

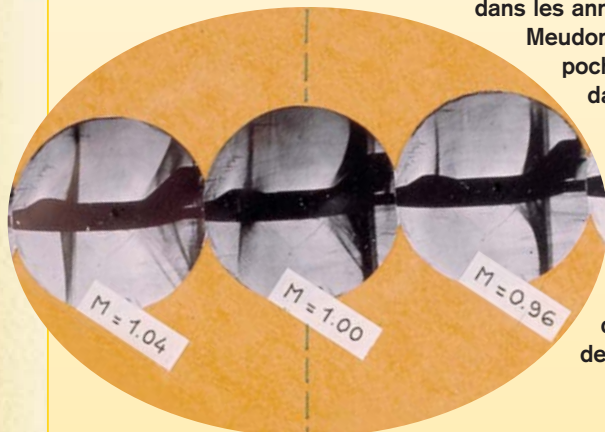
Pour en savoir plus : « *Stunning Photo of Jet Breaking Sound Barrier* » from Bruce Stephen Holms « bsh@timelessvoyager.com »

Si on admet que la température était ce jour là de 20°C, à 1098 km/h, le nombre de Mach était de 0,889 et à 1111 km/h, de 0,9. Le F18 était donc en régime transsonique élevé.

Dans ce régime, les détentes se produisant autour des ailes et des parties arrondies du fuselage, le cockpit notamment, font passer l'écoulement local en supersonique et provoquent un refroidissement de l'air dans ces régions - ou poches - supersoniques, terminées par des ondes de choc. Sur les visualisations stioscopiques ci-contre, communiquées par Philippe POISSON-QUINTON, et effectuées

dans les années 50 dans la souffleries S5 du Centre Onera de Chalais-Meudon, on distingue parfaitement, lors du passage à Mach 1, ces poches supersoniques ainsi que les ondes de choc terminales dans l'écoulement autour d'une maquette de Mystère II en transsonique.

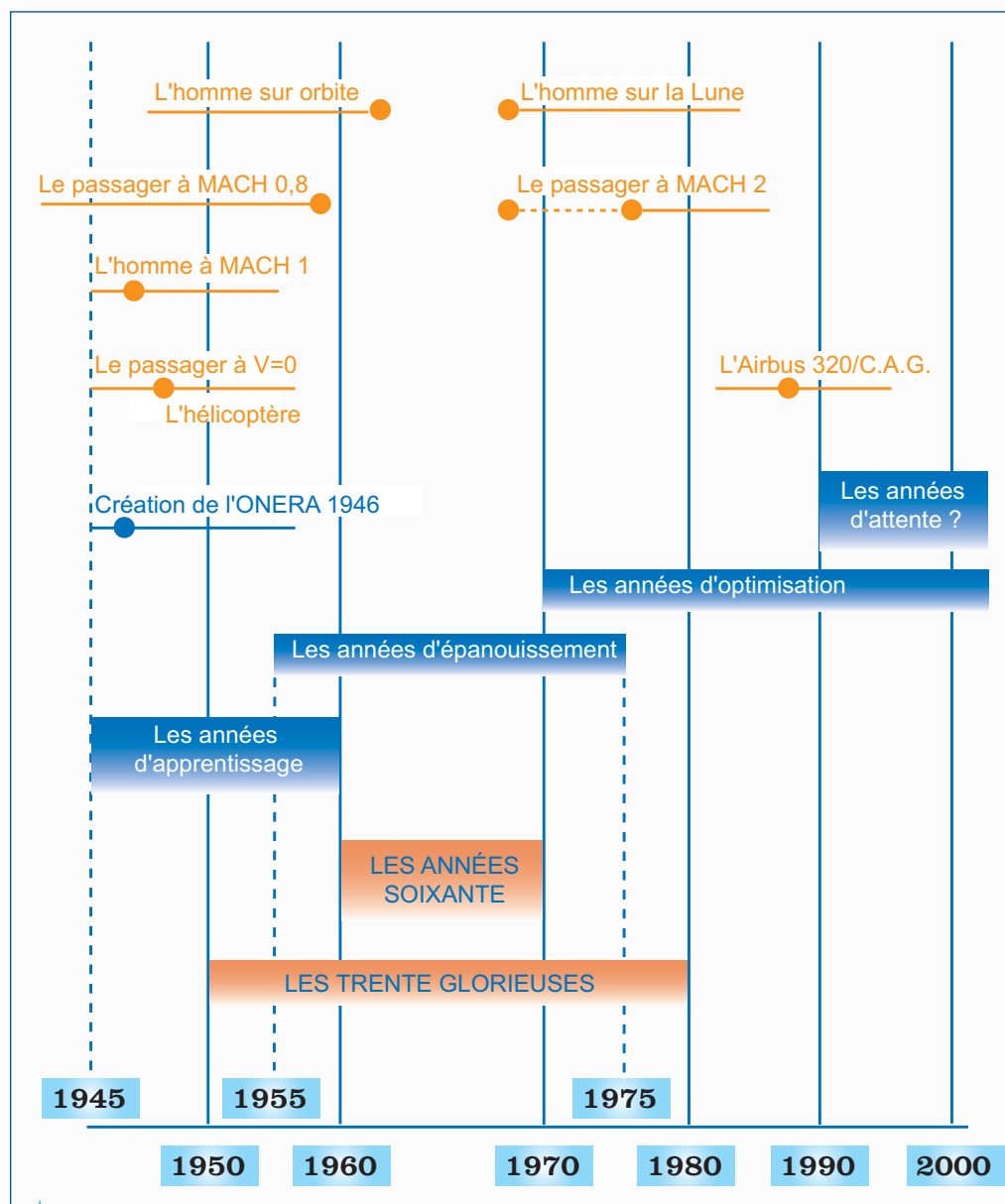
Si des conditions favorables de pression, température, densité et taux d'humidité sont réunies, la vapeur d'eau se condense, faisant voir la frontière amont de ces poches supersoniques. De plus, à la traversée du choc terminal, la température subit une augmentation brutale pour retrouver pratiquement son niveau initial. Il en résulte une vaporisation quasi instantanée de la vapeur d'eau et la disparition du nuage de vapeur à l'aval du choc.



Jean DELERY

■ L'Aéronautique des « Années 60 » Souvenirs d'un Chercheur par Philippe POISSON-QUINTON

Si j'ai choisi les années 60 pour raconter ces quelques souvenirs, c'est parce que cette période est au centre des « trente glorieuses », ces années techniques et économiques si fastes, en particulier pour l'aéronautique et l'espace français naissants. C'était il y a quarante ans, j'avais la quarantaine enthousiaste, et la France pouvait enfin jouer dans la cour des grands pays aéronautiques avec un succès croissant de nos constructeurs.



■ Figure 1 - L'évolution du monde aérospatial et événements majeurs depuis 1945

LES ANNÉES D'APPRENTISSAGE

Les évolutions de notre métier depuis la fin de la guerre jusqu'à aujourd'hui sont représentées sur la figure 1 de façon schématique.

De 1945 à 1960 environ, ce furent « les années d'apprentissage », où nous avions tout à apprendre, du professeur à l'étudiant, du concepteur au technicien, du ministre aux ser-

vices techniques et aux centres de recherche comme l'ONERA qui venait de naître en 1946.

J'ai gardé de cette époque des souvenirs merveilleux, mais aussi quelques-uns très pénibles, liés à de nombreuses catastrophes, dues à notre ignorance des redoutables problèmes posés par la conquête des grandes vitesses, ou à des projets prématurés.



« LE MUR DU SON » À LA TÉLÉVISION

Ma génération a été profondément marquée par ces années d'apprentissage durant lesquelles nos amis anglais dominaient le ciel par un développement incroyable de prototypes, vedettes des meetings de Farnborough. Le clou évidemment, était de tenter d'y passer le mur du son au-dessus du public pour lui faire subir un « bang » étourdissant. C'était, bien sûr, la récompense suprême que d'être envoyé en mission à cette « grand messe » de l'aéronautique !

Malheureusement, certains de ces avions étaient à la limite des inévitables troubles transsoniques, encore très mal connus avant 1952, faute de souffleries transsoniques pour les étudier. Le plus triste fut la mort du fils du grand constructeur de HAVILLAND, lors d'un passage à trop grande vitesse près du sol, où son avion éclata littéralement par surcharge aérostructurale. Cette catastrophe marqua profondément les milieux aéronautiques mondiaux et, quelques années plus tard, les milieux du cinéma, d'où un film anglais d'ailleurs très réussi : « le mur du son », inspiré de la vie de pilote d'essais et la mort de **Geoffrey de HAVILLAND**.

En juin 1971, quelque 20 ans après, le film fut choisi pour la célèbre émission télévisée de la 2^{ème} chaîne, « les dossiers de l'écran » d'**Armand JAMMOT**, qui était toujours suivie d'une discussion. Je fus sollicité pour organiser cette émission avec l'assistant du producteur et des spécialistes du sujet : c'était une bonne occasion de raconter, avec un

petit film, l'histoire de la conquête de Mach 1. Dans la soufflerie S5 de Chalais où le « blocage » de l'écoulement dans la veine d'essais était évité grâce à des parois perméables mises au point par l'équipe SIRIEX, nous inaugurons, dès octobre 1953, les essais « constructeurs » (**figure 2**) avec une maquette du nouveau Mystère II de **DASSAULT**, son premier chasseur à ailes en flèche (**voir les striescopes de la page 2**). Nous avons visualisé

l'impressionnant développement des ondes de choc à nombres de Mach croissants, provoquant de violents décollements de l'écoulement sur l'aile puis sur l'empennage, d'où des troubles transsoniques croissants. Je devais commenter cette séquence au début de la table ronde qui réunissait des spécialistes chevronnés ayant vécu ces phénomènes dangereux, ainsi que l'apparition des générations suivantes d'avions de plus en plus faciles autour de Mach 1.

D'abord **Henri DEPLANTE**, l'un des directeurs techniques de Dassault qui, avec **Jean CABRIERE** avait dirigé magnifiquement l'étude, la réalisation et le suivi des vols d'une famille de chasseurs célèbres, de l'« Ouragan » aux « Mystère » et « Mirage » ; (à cette époque, **DASSAULT** sortait un prototype tous les 18 mois, avec des équipes finalement très réduites par rapport à celles des constructeurs américains).

Jean-Claude WANNER, alors directeur technique de l'ONERA, devait évoquer les problèmes de « bang supersonique » et de qualité de vol ; **Georges LEBLANC** et **Michel MARIAS** devaient donner les réactions des pilotes d'essais du C.E.V ; enfin **Pierre DUDAL**, chef pilote de la future flotte Concorde d'Air-France, devait raconter que le passage de Mach 1 était maintenant salué au champagne par une centaine de passagers !

Nous avons tous un peu le trac quand l'animateur ouvrit la discussion. Je commentai d'abord mon petit film, et j'ajoutai, maquette du Mystère II à la main, que cet avion subissait des troubles successifs et

croissants sur le roulis, puis le tangage, accompagnés d'un « tremblement » (le « buffeting ») très désagréable ; **Henri DEPLANTE** me foudroya du regard, indigné de cette attaque contre ce premier avion français ayant effectivement passé Mach 1 en piqué, avec un magnifique bang au sol. Je la calmai aussitôt en ajoutant que tous les chasseurs de l'époque, aussi bien américains, anglais que russes étaient aussi « vicieux » en transsonique, mais qu'ils étaient beaucoup moins solides ! **WANNER** ajouta que les « Mirage » allaient passer le mur du son « comme une fleur », approuvé par **LEBLANC** et **MARIAS** ; **DUDAL** raconta les années d'apprentissage des pilotes de Concorde sur les Mirage III et IV, qui avaient considérablement contribué à la mise au point de Concorde.

« ... (durant ces années d'apprentissage,) nos amis anglais dominaient le ciel par un développement incroyable de prototypes, vedettes des meetings à Farnborough »

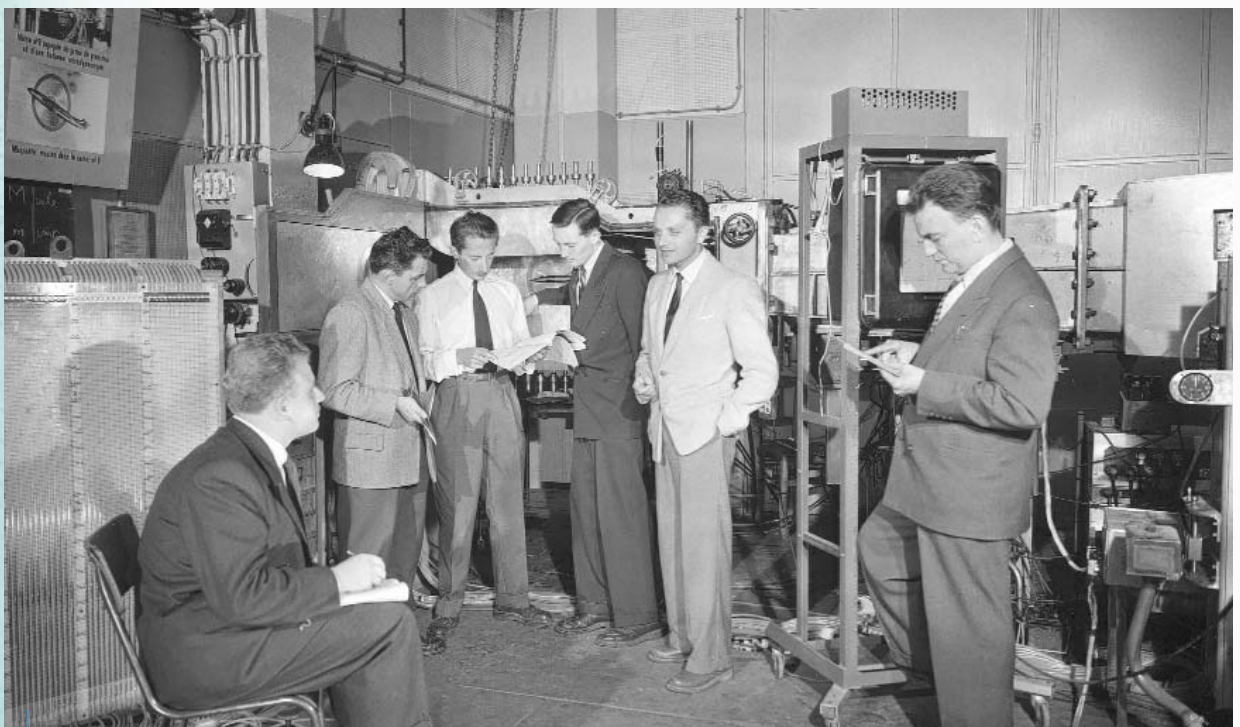


Figure 2 : Soufflerie transsonique S5 de Chalais-Meudon (debout, de gauche à droite : MM. CABOT, POISSON-QUINTON, LEYNAERT, PONTEZIERE, ERLICH)



■ Figure 3 : Tir de fusée aux îles du Levant pour l'étude de l'échauffement d'une aile à Mach 2 pour le projet Concorde. Missile D-6 expérimental à 3 étages propulsés par fusées à poudre sur sa rampe de lancement.

L'ami **Roger MARGUET** qui dirigeait les programmes de tirs expérimentaux, insinua que je portais « la poisse » : je m'abstins donc d'assister un mois plus tard au 2^{ème} tir qui fut... réussi ; les résultats d'échauffement cinétique recoupaient ceux effectués dans la soufflerie « chaude » S3 de Modane sur une 1/2 aile vraie grandeur, mais les flux de chaleur étaient inférieurs à ceux calculés par la théorie utilisée pour Concorde, ce qui réjouit fort ses constructeurs (température moyenne de 100°C sur la voilure en croisière supersonique).

L'ESPRIT DE SOLIDARITÉ

Ce qui était remarquable dans ces années « d'apprentissage », c'était cet esprit de solidarité entre chercheurs d'une part et services officiels et constructeurs d'autre part, qui permettait souvent de résoudre rapidement des problèmes cruciaux : c'est à cette époque que nous avons largement profité de collaborations techniques avec nos alliés anglais et américains, sans oublier, à l'origine, l'exploitation intelligente des dossiers secrets allemands en 1945...

THÉODORE VON KARMAN ET L'AGARD

Dans les années 50, il faut mentionner le rôle essentiel d'un personnage hors du commun, le professeur **Théodore Von KARMAN**, alors haut conseiller de l'US Air Force et célèbre professeur d'aérodynamique. Ainsi, il créa un groupe d'experts aéronautiques au sein des pays de l'Alliance atlantique ; cette organisation nommée « AGARD » (dont le siège fut à Paris, avec l'ami **Roland WUILLAUME**, un transfuge de l'ONERA) réunit progressivement les meilleurs spécialistes du monde aéronautique dans toutes les disciplines. On y côtoyait un directeur de Boeing ou de MBB, un chef de bureau d'études anglais ou italien, des chercheurs de l'ONERA ou du NLR hollandais, des professeurs d'universités américaines ou canadiennes, etc. J'avais eu la chance de participer aux symposiums d'aérodynamique, puis d'intégrer la commission de « mécanique du vol » dans les années 60 ; j'ai noué alors de solides amitiés, ce qui favorisa des contacts chaleureux lors de nombreuses missions à l'étranger, en particulier avec le RAE anglais, la NASA, la NAVY, l'Air Force et les grandes universités aux USA. Dans tous les

secteurs de l'ONERA, nous échangeons nos résultats de recherche équitablenent, en évitant les sujets classifiés (sauf s'il y avait accord bilatéral) et les retombées de coopérations furent fort utiles aux services officiels et aux constructeurs français.

LES ANNÉES D'ÉPANOUISSEMENT

Notre graphique, (figure 1), suggère une deuxième période dite d'épanouissement qui recouvre la période d'apprentissage dès les années 55 : en effet, dès cette époque, on savait produire de bons avions militaires transsoniques puis supersoniques. Mais il fallait aborder maintenant la compétition internationale dans le domaine du transport civil à réaction.

LE TRANSPORT CIVIL À RÉACTION

La voie avait été ouverte brillamment (et prématurément) par le « Comet » anglais dont les faiblesses structurales catastrophiques ruinèrent le succès. Mais, comme souvent, les causes de ces explosions de fuselages furent analysées et publiées avec « fair play » au bénéfice des futurs projets en préparation dans le monde. Ce fut alors le début de l'épanouissement du trafic aérien, où la France introduisit le premier moyen-courrier avec « Caravelle » et les USA les premiers long-courriers avec le Boeing 707 et le Douglas DC-8 (1959).

LE PROJET SUPERSONIQUE

Presque simultanément vint l'idée qu'on pourrait peut-être se lancer sur un projet de transport supersonique à partir d'une bonne expérience militaire. Dès 1959, la section « Études Générales » du service technique, dirigée par l'I.C. **Pierre LECOMTE**, demanda à l'ONERA une étude paramétrique sur la faisabilité aérodynamique d'un tel projet. Ce fut pour nous le début d'une longue passion d'une quinzaine d'années durant lesquelles nous conjuguâmes nos recherches avec les constructeurs français (« Sud-Aviation », « SNECMA ») et anglais (« RAE, BAC, Rolls-Royce ») avec la bénédiction des services officiels respectifs, et le soutien constant des directeurs de l'ONERA.

Notre discussion dura une bonne heure et fut suivie d'un excellent souper offert par l'ORTF. Les jours suivants, la presse jugea la discussion intéressante, et animée, mais vraiment un peu trop technique pour faire de l'audimat !

Pour nous, ce « cirque télévisuel » restait un double hommage à nos amis pilotes d'essais disparus en s'attaquant au mur du son prématurément, mais aussi aux ingénieurs qui avaient réussi à rendre ce mur de plus en plus perméable.

LES FUSÉES EXPÉRIMENTALES

Pour éviter les risques de pertes humaines dans ces régimes dangereux encore inexplorables en soufflerie avant 1953, l'ONERA avait créé, dès cette époque, un service pour la conception et le lancement de fusées expérimentales qui produisit, pendant plus de 25 ans, des résultats remarquables du transsonique à l'hypersonique et ma division d'aérodynamique appliquée faisait souvent appel à eux pour des recherches de base. Je me souviens à ce propos de la frustration des équipes lors de l'échec du tir d'une fusée à 3 étages, la « D-6 » aux îles du Levant (figure 3), du temps des recherches sur l'échauffement de Concorde : la fusée du deuxième étage devant accélérer notre maquette à Mach 2 refusa de s'allumer et nous suivîmes la chute des éléments de fusée dans la mer.



L'AILE DU CONCORDE

J'eus encore la chance de participer avec toute mon équipe et nos théoriciens, aux tout premiers dessins de Concorde, de son aile à forme « gothique flamboyante » fort complexe. Je crois que nous trouvâmes cette analogie moyenâgeuse un jour où nous faisons des essais de différentes formes d'a-pex à la soufflerie du service technique avec **Gilbert CORMERY**, adjoint de **SERVANTY**, directeur français du projet. N'étant pas journalistes, nous évitâmes cependant de nous prendre pour des successeurs des compagnons bâtisseurs de cathédrales!

Pendant des années, on s'acharna avec les constructeurs à augmenter les rendements aérodynamiques et propulsifs, chaque « pour cent » nous rapprochant du but final : atteindre New-York sans escale depuis l'Europe.

En fait, le rendement de propulsion dépendait directement de l'aérodynamique interne des nacelles propulsives, donc des entrées d'air et des tuyères. L'ONERA joua un rôle important dans cette longue optimisation grâce, en particulier à **Jacky LEY-NAERT** et à notre patron de la Direction aérodynamique **Pierre CARRIERE**, au cours des essais dans les souffleries de Chalais puis de Modane, en coopération fructueuse avec les constructeurs.

Malheureusement pour les Concorde, seul l'accès à Washington fut d'abord accordé, à cause de la mauvaise foi des autorités portuaires de New-York qui refusèrent pour encore quelque vingt mois son survol à cause du bruit et... des cancers de la peau qui auraient menacé la population ! Mais ceci est une autre histoire à laquelle l'ONERA participa pour réfuter de telles stupidités.

« Pendant ces années, on s'acharna à augmenter les rendements aérodynamiques et propulsifs, chaque pour cent nous rapprochant du but final : atteindre New-York sans escale depuis l'Europe »

EN ROUTE VERS LE SPATIAL

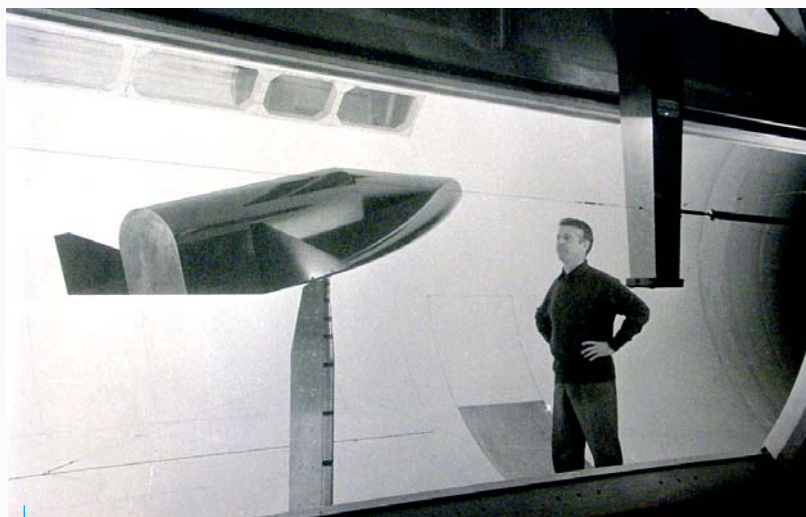
Durant ces années 60, notre monde aéronautique devint spatial : en même temps que l'ONERA rendait opérationnels ses grands moyens d'essais transsoniques et supersoniques dans son centre de Modane, l'Office entreprit la mise en service des installations plus modestes, hypersoniques à Chalais-Meudon, à Mach 5, 7, puis 10, sous la direction de **Pierre REBUFFET**, le « père » de toutes les installations de Chalais-Meudon et notre incontournable professeur d'aérodynamique à SupAéro. Elles permirent d'abord l'étude de nombreux missiles balistiques pour la force de frappe, puis des formes de rentrée spatiale planante. Ce fut ensuite le développement

des moyens pour atteindre des Mach voisins de la rentrée dans l'atmosphère, autour de 16 à 18 avec les souffleries « à arc » à Fontenay, mise au point par **Jean-Pierre CHEVALIER**, en collaboration avec des ingénieurs américains qui venaient de mettre au point le « Hot Shot » à Tullahoma, laboratoire majeur de l'US Air Force.

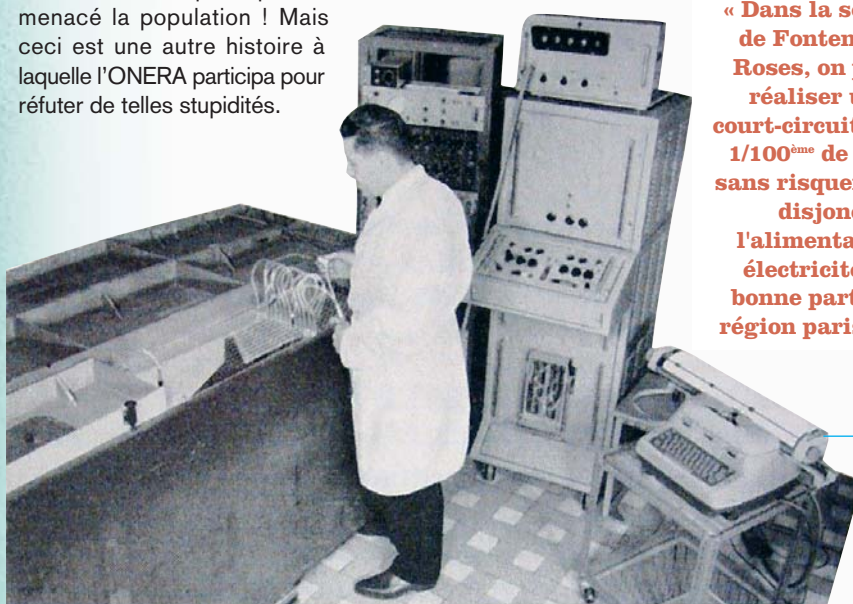
LA SOUFFLERIE DE FONTENAY AUX ROSES ET L'HYPERSONIQUE

À Fontenay, le centre de recherches de l'EDF avait autorisé cette implantation parce qu'on pouvait y réaliser un joli court-circuit pendant 1/100^{ème} de seconde sans risquer de faire disjoncter l'alimentation en électricité d'une bonne partie de la région parisienne ! Pendant ce centième de seconde il fallait simultanément faire éclater une gigantesque étincelle dans la chambre d'un canon, qui portait le gaz à quelque 4000°C de

température et 1500 atmosphères ; ce gaz chaud était détendu dans une immense tuyère, y réalisant dans la chambre d'essais un flux à Mach 17 environ ; une balance, des capteurs de pression et de température mesuraient en ce 1/100^{ème} de secondes toutes les caractéristiques aérodynamiques d'une



■ **Figure 4 : Le planeur spatial de l'ONERA en essai d'atterrissage ($0,2 \leq Mach \leq 17$) dans la soufflerie de Cannes (1961-1963)**



« Dans la soufflerie de Fontenay aux Roses, on pouvait réaliser un joli court-circuit pendant 1/100^{ème} de seconde sans risquer de faire disjoncter l'alimentation en électricité d'une bonne partie de la région parisienne! »

■ **Figure 5 : Cuve rhéoélectrique du Laboratoire MALAVARD. Cuve tridimensionnelle pour l'étude aérodynamique d'un avion à flèche variable par la méthode des analogies électriques**

(1) P. POISSON QUINTON, R. CERESUELA, G. BERNET - Recherches préliminaires sur le planeur hypersonique. Congrès Aéronautique Européen. Sept. 1962, Venise ; ONERA TP 331.

maquette balistique ou d'un planeur de rentrée ; enfin une caméra ultra-rapide filmait en couleurs de magnifiques ondes de choc ; c'était du beau travail et ça marchait.

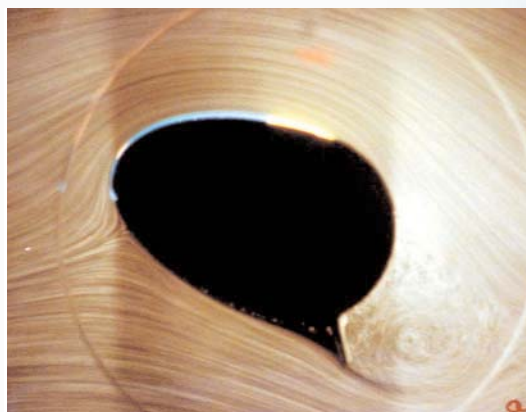
Je me souviens que mon groupe présenta en 1962, au congrès aéronautique européen de Venise, une première synthèse de nos essais de base (non classifiés) dans tout ce domaine hypersonique (1) ; en particulier sur une famille de rentrée spatiale, dont l'un ressemblait curieusement au projet « Hermès » étudié en Europe 30 ans plus tard (figure 4). J'ai gardé un curieux souvenir de ma présentation à Venise, dans une salle du monastère de l'Ile San Giorgio, où je devais projeter des diapositives et surtout un film magnifique sur les ondes de choc entourant le planeur en hypersonique ; malheureusement nos amis italiens n'avaient pas prévu de faire l'obscurité dans cette vénérable basilique du XV^{ème} siècle, qui intéressait d'ailleurs beaucoup plus les congressistes que nos histoires de rentrée spatiale !

Cependant, nos amis américains de l'Air Force suivirent avec intérêt la présentation, car ils étaient justement sur l'étude secrète du X-20 « Dyna-Soar » qui devait être lancé en orbite par une fusée puis atterrir en planant après un tour de la Terre. Le projet fut abandonné en raison des risques liés à l'échauffement considérable des parois du planeur, qui à cette époque étaient métalliques. Les mesures d'échauffement sur sa maquette avaient été effectuées au laboratoire hypersonique VKF (**von KARMAN Facility**) de Tullahoma, dirigé par notre cher professeur **LUKASIEWICZ**, avec lequel nous avons des relations privilégiées. Je me souviens que j'avais été invité en 1959, à son inauguration en présence du professeur **von KARMAN** ; tout finit par un banquet, et le cher professeur clôtura par un brillant discours, qui commençait évidemment par un « Joke » : « Une conférence d'après dîner doit être comme la robe d'une jolie femme : intéressante, assez longue pour couvrir l'essentiel et assez courte pour maintenir l'intérêt » ! Ce génie avait beaucoup d'humour, provenant probablement de ses origines hongroises. Il disait volontiers : « Un Hongrois, c'est quelqu'un qui entre derrière vous par une porte tournante et qui en sort devant vous ». Il fut ensuite un célèbre professeur d'aérodynamique en Allemagne, qu'il quitta, en 1933, à l'arrivée d'Hitler, pour diriger le Département d'aérodynamique du California Institute of Technology : il devint conseiller spécial de l'US Air Force pendant la guerre et revint en Europe après la défaite allemande (je fis sa connaissance à cette époque au premier congrès aéronau-

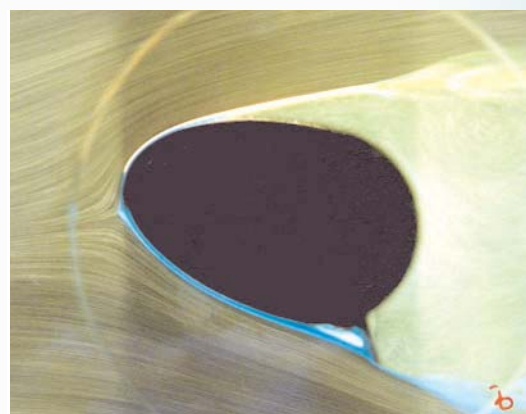
tique à la Sorbonne). Il était très francophile et, grâce à lui en 1946, on put récupérer une partie de la soufflerie géante allemande qui fut remontée à Modane par l'ONERA (voir LA LETTRE AAAF N°1-2004). C'est également lui qui choisit Paris comme siège de l'AGARD et il disait à ce propos : dans notre communauté aéronautique, internationale, le seul langage admis est le « Broken English » !

Les nouveaux moyens de calcul

Au début des années 60, tous nos calculs étaient effectués à la main, avec de grandes règles à calcul coulissantes... L'arrivée des premières calculatrices américaines bouscula nos habitudes et apporta un gain de temps considérable dans nos exploitations d'essais, les premiers



a)



b)



c)

■ Figure 6 : Visualisation de la « turbo-voile » au tunnel hydrodynamique de l'ONERA (projet « Alcyone », novembre 1983)

a) recollement de la couche limite ; b) profil sans contrôle de couche limite

c) de gauche à droite : Henri WERLE, Lucien MALAVARD, le Commandant COUSTEAU, Philippe POISSON-QUINTON, Lucien MALAVARD

ordinateurs furent couplés avec les divisions de calcul théorique, qui sortaient alors des kilogrammes de papier, et avec les souffleries pour exploiter en temps réel les mesures : c'était le début d'une révolution...

L'ANALOGIE RHÉOÉLECTRIQUE

Cependant, bien avant les ordinateurs, nous disposions en France depuis 1938, de méthodes de calcul d'aérodynamique théorique inventées par les professeurs **PERES** et **MALAVARD**, basées sur l'analogie des équations régissant

les courants électriques et les écoulements aérodynamiques. Lucien **MALAVARD** avait installé son laboratoire à l'ONERA à Châtillon, (jumelé avec le CNRS). Sans cesse perfectionnées, ces méthodes permettaient de calculer rapidement les caractéristiques aérodynamiques d'un profil ou d'une aile de forme quelconque.

Nous faisons sans cesse appel au savoir-faire des équipes de **MALAVARD** aussi bien pour un « coup de sonde » avant essais en soufflerie, que pour optimiser avec succès les vrillages et



cambrures optimales sur des voilures complexes et les effets de gouvernes. Les constructeurs bénéficièrent directement de ces « adaptations » pour leurs projets (Caravelle, Mystère XX, cambrure conique du Mirage 3, flèche variable du Mirage G, élevons de Concorde aux basses vitesses, etc.)

On y aborda ensuite l'effet de la compressibilité sur le premier projet d'Airbus étudié par l'ONERA pour Mach 0,8, tout en étudiant les volets hypersustentateurs, à comparer avec les essais sur maquette à Cannes (1967).

Toutes ces méthodes d'essais très complexes dans des cuves remplies d'eau où trempaient des plaquettes de plexiglas ornées de surfaces conductrices d'où s'échappait un foisonnement de fils électriques, de résistances réglables, etc. étaient restées pratiquement incompréhensibles à nos amis étrangers ; pour eux, il devait s'agir de quelque tour de magie bien française !

Je me souviens d'avoir amené un jour au laboratoire de **MALAVARD** le vice-président Recherches de Boeing : **Georges SCHAIRER**, le génial « inventeur » du Bombardier B-47 conçu avec une longue aile souple en flèche avec des réacteurs suspendus en envergure (cette solution est encore utilisée sur presque tous les avions de transport).

SCHAIRER vit un montage d'aile à flèche variable dans une cuve tridimensionnelle (2) et fut fasciné de suivre les mesures (figure 5) ; en fait il s'intéressait d'autant plus à cette configuration qu'elle avait été retenue par Boeing pour son projet SST/Mach 2,7. **MALAVARD** aimait beaucoup **SCHAIRER** et lui proposa de lui faire calculer (« en perruque ») les caractéristiques subsoniques de son projet pour deux configurations extrêmes des ailes (déployées et repliées). Quelques temps après, il remercia chaleureusement **MALAVARD** des résultats reçus, qui confirmaient bien leurs prévisions. Leur projet à flèche variable était évidemment un rival de Concorde, mais nous nous entendions encore très bien car l'étude européenne, en passe de réussir, chatouillait fortement l'amour-propre du congrès à Washington : c'est ainsi qu'à chaque vote du budget, Boeing reçut un financement pluri-annuel considéra-

ble ! En fait, la configuration « flèche variable » rendait impossible un positionnement convenable des quatre réacteurs, et Boeing opta pour une configuration Delta, toujours à Mach 2,7, (imposant des réacteurs avec des captations dans les prises d'air assez instables). Par ailleurs, l'échauffement à Mach 2,7 en croisière, l'obligea à construire une structure complexe en alliage de titane (encore mal connu à l'époque) et en 1971, le projet fut arrêté. Par ricochet, cet abandon fit un tort considérable à Concorde sur le marché américain, puis international (3) !

LE BOEING 747

Cependant, Boeing rebondit, à la même époque, en lançant la construction du transporteur géant à grand rayon d'action, le Boeing 747. Je me souviens d'être allé le visiter durant sa construction, et d'avoir discuté avec le chef de projet, en faisant les cent pas sur son immense voilure. Il me

« Vous savez, il y a des innovations telles sur cet avion (le Boeing 747) que nous sommes sûrs de prendre une grande partie du trafic de masse autour du monde pendant des dizaines d'années. »

Georges SCHAIRER,
Boeing, 1970

confia : « vous savez, il y a des innovations telles sur cet avion que nous sommes sûrs de prendre une grande partie du trafic de masse autour du monde pendant des dizaines d'années ! » Quelle leçon !

LA TURBO-VOILE DU COMMANDANT COUSTEAU

Pour revenir aux études à basse vitesse, nous avons quelquefois des demandes assez exotiques, que nous orientations vers différentes installations de l'Office : je me souviens de la « turbo-voile » que **MALAVARD** avait proposée au Commandant **COUSTEAU**, qui cherchait une version « écologique » de sa « Calypso » ; des essais en soufflerie par **MALAVARD** et **CHARRIER** son thésard furent si impressionnants qu'une turbo-voile fut construite sur un vieux catamaran et essayée sur l'étang de Berre. Bien que bricolé pour des essais préliminaires fort réussis, Cousteau voulut se lancer dans une traversée de l'Atlantique sur cet esquif baptisé le « Moulin à vent ».

L'histoire se termina par la rupture du mât-turbovoile, lors d'une tempête dans le triangle des Bermudes. Grâce à un grand coup de barre, **COUSTEAU** évita de le recevoir sur la tête ; il ne fut pas découragé pour autant et trouva le financement d'un gros navire bi-turbovoile

remarquablement dessiné sous la direction de **MALAVARD** : l'« Alcyone ».

Pour un de ses films, il nous demanda de réaliser une séquence de visualisation autour d'une section du mât dans le tunnel hydrodynamique de **Henri WERLE**. On observait en couleurs le spectaculaire recollement de l'écoulement sur le mât porteur lorsqu'on aspirait sur la paroi arrière du profil (figure 6). Cousteau fut donc invité en grande pompe à assister à un essai et il fut effectivement fasciné ! Mais il comprit difficilement comment on pouvait simuler, dans un écoulement d'eau vertical, le vent marin généralement horizontal ! La fin de l'Alcyone fut assez triste : après des campagnes documentaires fort réussies autour du monde, l'intérêt pour les économies d'énergie ne put lutter contre le pétrole à nouveau bon marché et la fondation Cousteau périclita pour diverses raisons : l'Alcyone doit toujours attendre un acheteur quelque part du côté de Hong-Kong.

ALAIN COLAS

Une autre histoire de bateau concerne des essais pour **Alain COLAS**, alors grand champion de courses transatlantiques et plus ; il avait conçu une gigantesque monocoque à 4 mâts, le « Manureva », pour de futures courses autour du monde en solitaire ! Il s'inquiétait beaucoup des écoulements complexes autour de 4 voiles et 4 focs ! Il fut mis en contact avec notre regretté président de l'ONERA : **Pierre CONTENSOU**, un ancien du Génie maritime, qui lui proposa de l'aider pour son optimisation sur maquette dans la grande soufflerie de Modane : le montage était très impressionnant dans cette soufflerie de 8 mètres : **Alain COLAS** avait installé la commande complète des voiles depuis un cockpit ouvert au vent : nous assistions, à travers les hublots de la veine, aux manœuvres de **COLAS** soumis à un vent de 40 nœuds, réglant une par une les voilures pour obtenir la plus grande force propulsive (qu'il pouvait évaluer sur un cadran lié aux mesures des balances).

Malheureusement **COLAS** avait la « poisse » : d'abord avec une terrible blessure à la jambe en jetant son ancre, puis il disparut au milieu de l'Atlantique au cours d'une course en solitaire.

DES TURBINES À GAZ POUR LE TGV !

Une dernière histoire concerne une étude aérodynamique pour la SNCF : c'était le premier projet de TGV qui devait être propulsé, à cette époque,

(2) P. POISSON-QUINTON, M. ENSELME - *Recherches aérodynamiques sur une famille d'ailes à flèche variable. Congrès Aéronautique Européen. Munich, 1965, ONERA TP 72 (1967).*

(3) P. POISSON-QUINTON - *First Generation of Supersonic Transports. Princeton University Conf., Nov. 1975 ; ONERA TP 1976-13.*

par des turbines à gaz Turbomeca. Il s'agissait d'abord de mesurer le gain sur la résistance à l'avancement d'un profilage très réussi de l'avant de la locomotive par rapport aux formes cubiques des locomotives SNCF ! Les essais à Cannes sur maquettes furent très concluants sur les gains de traînée, mais la phase suivante demandait l'étude de la captation de l'air pour les turbines optimisées dans les 2 sens de la marche, avec géométrie fixe parce qu'on ne pouvait demander au personnel la charge de travail d'un système mobile d'aubes orientables ! Nous leur fîmes remarquer que nos connaissances étaient limitées aux avions qui fonctionnaient en général vers l'avant seulement – sans succès. Nous étudiâmes une prise d'air fixe d'un rendement fort médiocre. Heureusement qu'entre temps, la SNCF opta pour une propulsion électrique sans problème, si on excepte la tenue difficile de la caténaire à plus de 300 km/h qui fut étudiée dans la grande soufflerie de Modane, à l'échelle réelle.

LA SOUFFLERIE DE CANNES

À propos de cette soufflerie subsonique de 3 m à Cannes, je voudrais rendre hommage à son directeur **Amédée BEVERT** qui en hérita à la création de l'ONERA, en 1946 (elle avait été construite durant l'occupation, en zone « libre » par la SNCASO). Elle dépendait directement de notre département aérodynamique, et pendant 25 ans, apporta une inestimable contribution : elle possédait à la fois un atelier de construction de maquettes et un personnel magnifiquement doué pour les essais et leur exploitation. Nous y faisons tous nos « coups de sonde » sur une idée nouvelle aussi bien que l'étude d'une maquette complète motorisée : c'était le rêve pour un chercheur !

La configuration la plus étrange fut celle d'une magnifique maquette de planeur de rentrée spatiale sur laquelle on étudiait l'atterrissage en plané (figure 4). Un maquetiste me demanda pourquoi on leur faisait réaliser cette forme de fer à repasser ! En fait, il en avait la même charge alaire, et devait subir des températures bien plus élevées : tout l'atelier me prit pour un « fada » !

On y avait découvert dès 1951, avec **Robert LEGENDRE** et **René HIRSCH** qui les modélisèrent par le calcul, la propriété des ailes élancées à vocation supersonique, d'engendrer aux grandes incidences d'atterrissage, une magnifique nappe tourbillonnaire sur le dessus

des ailes, conduisant à un supplément de portance important... qui fut bien utile au projet Concorde, 20 ans plus tard, ainsi qu'aux nombreux avions de combat très « manœuvrants » aux grandes incidences.

L'hypersustentation

Cependant, c'est dans le domaine de l'hypersustentation par contrôle de la couche limite ou de circulation par soufflage sur des ailes (4) que la soufflerie de Cannes joua un rôle majeur pendant plus de 10 ans ; nous y essayâmes de nombreuses configurations conçues souvent avec l'aide de calculs théoriques provenant de la cuve électrique. On obtint ainsi des résultats originaux sur l'hypersustentation faisant appel à l'air comprimé disponible par prélèvement sur le réacteur de l'avion. Les services officiels financèrent la validation des concepts sur deux prototypes destinés à nos porte-avions : le « Vultur » et « l'Étendard ».

Le Vultur

Le prototype Bréguet « Vultur » avec un turbo-propulseur à l'avant et un réacteur à l'arrière, était destiné à la marine équipé d'un dispositif de trompe à induction le long de l'envergure, assurant l'aspiration et le soufflage sur volet

vement d'air comprimé sur le réacteur « Nene » ; soudain, je fus arrêté par deux gendarmes du service de sécurité parce qu'il était strictement défendu à un « étranger » de filmer dans la zone C.E.V. ; ils me conduisirent dans le bureau du patron – le Général **BONTE** – qui me passa un bon savon. Après avoir plaidé coupable, je lui expliquai que l'ONERA faisait partie de la Défense et que je filmais un dispositif breveté par l'ONERA à mon nom.

Quand nous fûmes seuls, il admit, « que j'avais des circonstances atténuantes » et il m'invita à déjeuner pour que je lui explique ces histoires de contrôle de couche limite !

Louis BONTE personnifiait pour tous le modèle même du grand serviteur de l'Etat, rigoureux, passionné, avec un charisme discret pour son personnel qui l'adorait. Il avait complètement rénové l'organisation des essais en vol et créé plusieurs centres spécialisés dont Istres, qui devint le pôle des essais officiels d'avions militaires et civils.

Je fus très impressionné en discutant avec lui, et il me quitta en nous promettant un cinéaste du CEV et un avion d'accompagnement pour filmer le décrochage impressionnant du « Vultur » à 10 000 pieds à des vitesses remar-



■ Figure 7 : Avion Breguet 960 « Vultur », avec son turbopropulseur à l'avant et son réacteur à l'arrière ; équipé d'un dispositif de trompe à induction le long de l'envergure, assurant l'aspiration et le soufflage sur volet double.

double ; les vols furent effectués par Bréguet au C.E.V. de Brétigny, sous la direction de **B. de PONTFARCY** et **Bernard WITT**, pilote d'essais (figure 7). À ce propos, je fis la connaissance de l'ingénieur Général **BONTE** d'une façon assez curieuse : au cours de la préparation de l'avion à son premier vol, j'avais emprunté une caméra de 16 mm à l'ONERA pour filmer l'équipe Bréguet pendant les premiers essais du pré-

quement faibles... Malheureusement en transformant l'avion en « Alizé », on lui retira son réacteur, pour en faire un excellent avion de patrouille embarqué avec son seul turbo-propulseur qui suffisait bien à la mission, mais pas au dispositif de soufflage !

L'Étendard

Sur le prototype de « l'Étendard » de Dassault, on retint le soufflage direct sur

(4) P. POISSON-QUINTON, L. LEPAGE - Survey of French Research on the Control of Boundary Layer and Circulation. Pergamon Press, 1961.



■ Figure 8 : Le Breguet 941 en approche finale sur l'héliport d'Issy en 1961.

les volets de bord d'attaque et de fuite ; les essais en vol furent faits sur piste classique et sur une piste anglaise équipée d'une catapulte de porte-avions ; les résultats montrèrent une amélioration de portance et de meilleures qualités de vol aux grandes incidences ; mais le dispositif ne fut pas appliqué au « Super-Étendard bimoteur » de série du CEV, faute d'une étude sérieuse de l'optimisation du prélèvement d'air sur le réacteur... Cependant, le soufflage fut appliqué avec succès aux USA et en Angleterre sur des chasseurs embarqués... ou « terrestres ».

Le Deltaviex

Par ailleurs, sur le petit avion expérimental « Deltaviex » de l'ONERA, il s'agissait d'évaluer les performances aux basses vitesses sur une configuration d'aile à grande flèche en forme de « queue d'hirondelle », réputée avantageuse par le calcul aux grands Mach supersoniques. C'était typiquement une fausse bonne idée et les premiers « sauts de puce » au C.R.V./ONERA à Brétigny firent apparaître une très dangereuse instabilité du contrôle en roulis rendant l'avion impilotable. Quelques années auparavant, nous avions justement étudié le contrôle de circulation par soufflage au bord de fuite permettant en particulier de contrôler le roulis « au robinet » distribuant l'une ou l'autre rampe de soufflage au bord de fuite : on avait d'ailleurs bricolé une telle rampe sur le vieux bimoteur du C.R.V. et on s'était bien amusé à piloter le roulis de l'avion en ouvrant les robinets d'une bouteille d'air comprimé montée derrière le pilote ! On retint donc cette idée pour « guérir » le Deltaviex : ici les deux rampes de soufflage étaient alimentées par prélèvement sur le petit réacteur Turboméca ; le dispositif était com-

mandé par un simple gyromètre.

Les vols avec ce contrôle automatique furent un plein succès lors de nombreux « sauts de puce » avec enregistrement d'un remarquable amortissement de roulis. Malheureusement, l'avion ne put jamais réaliser de « vrais » vols pour deux bonnes raisons : il n'y avait pas de siège éjectable, le fuselage ayant été dessiné autour du gabarit de notre cher pilote **FOUQUET** ; d'où interdiction de voler par les services officiels ; d'autre part une panne de moteur entraînait l'arrêt du contrôle par soufflage : deux bonnes raisons pour une fin catastrophique. En fait, la fin du « Deltaviex » se passa à Modane, où il fut monté en « vraie grandeur », et en fonctionnement, dans la grande soufflerie pour obtenir des comparaisons avec le vol. Quelques années

« La morale de ces histoires est que les chercheurs sont beaucoup plus efficaces dans un cadre agréable loin de leur administration centrale... »

plus tard, il fut cédé à un ferrailleur, et découvert dans une décharge par des « fanas d'aviation » qui vont essayer cette année de le reconstituer pour le futur musée de l'air de Toulouse.

Toutes ces études eurent un certain retentissement international et amenèrent beaucoup de visiteurs anglais et américains, à la soufflerie de Cannes.

Je me souviens que la difficulté pour eux était de demander un ordre de mission pour Cannes dont la réputation était entachée de frivolité, en particulier par son festival du film, nuisant fâcheusement au sérieux d'un laboratoire ! Cependant, ils vinrent nombreux pendant des années, utilisant quelquefois leurs week-ends au perfectionnement de leurs connaissances en aérodynamique de la voile et de l'hydrodynamique de la plongée sous-marine ! Quelques années plus tard, le même problème se posa, pour les missions à Modane durant l'hiver, à cause de l'at-

traction de ses stations de ski ! Cependant Modane devint certainement grâce à son patron, **Marcel PIERRE**, l'un des centres de recherches aérodynamiques les plus prestigieux du monde, très accueillant pour les visiteurs et les constructeurs ; son personnel était fort motivé pour les essais aérodynamiques, mais en profitaient aussi pour gagner toutes les descentes à ski, lors des week-ends !

La morale de ces histoires est que les chercheurs sont beaucoup plus efficaces dans un cadre agréable loin de leur administration centrale...

L'EPNER À ISTRES

À propos de cadre agréable, je me souviens de mes séjours à Istres, où chaque année pendant 30 ans, j'allais faire des séries de conférences à l'EPNER, cette merveilleuse école des pilotes d'essais. J'avais commencé ces exposés avec **Jean-Claude WANNER** en 1964 : nous expliquions à de futurs pilotes de Concorde les problèmes aérothermodynamiques et propulsifs ainsi que l'effet du bang sonique au sol, les futures réglementations, etc. L'après-midi, les « pachas » d'Air-France et de l'UTA avaient le droit à un rude baptême de l'air jusqu'à Mach 2 sur un Mirage III biplace ; ils prenaient par la suite les commandes pour se familiariser au vol sur avion delta voisin de Concorde. Par la suite, j'avais de passionnants contacts avec les élèves et les moniteurs de l'EPNER, où j'apprenais beaucoup de choses sur certains problèmes de pilotage ; en échange, je leur expliquais ce qui les attendait sur des véhicules futurs qu'ils auraient peut-être à piloter, du vol vertical à la rentrée spatiale ; le plus important était de leur expliquer le risque de catastrophes liées à une mauvaise conception de l'avion, mais liées surtout à la dangereuse exploration de limites du domaine de vol, pleines de pièges aérodynamiques, avec exemples à l'appui.

LE BREGUET BR 941

Dans cet environnement, j'avais participé, sous l'impulsion d'**Henri ZIEGLER** alors Président de Breguet, aux négociations avec la NASA pour que leurs pilotes d'essais viennent voler à Istres sur le merveilleux Breguet 941 à décollage court (**figure 8**) ; une équipe de NASA/AMES spécialisée dans les avions V/STOL vint donc s'entraîner et fut éblouie par les remarquables performances et qualités de vol du Br 941, qui atterrissait pratiquement sans rouler avec le mistral dans le nez ; l'avion fit ensuite une brillante tournée aux USA avec l'équipe Breguet dirigée par **Joseph CZICZENHEIM** et le pilote **Bernard WITT**, avec la participation de Douglas et d'Eastern Airlines, qui devaient assurer la promotion d'un futur transport civil à décollage court. Malheureusement, Douglas abandonna le projet, comme il avait renoncé à la Caravelle quelques années plus tôt (après avoir copié sa formule pour le DC-9 !)

Je voudrais rendre hommage à trois personnes avec qui j'avais été à l'Institut Aérotechnique de St Cyr et à la Sorbonne où nous nous sommes retrouvés à la Libération, en 1944. **Joseph CZICZENHEIM**, **René HIRSCH** et **Michel LAZAREFF** étaient aussi bons théoriciens qu'expérimentateurs ; le premier entra chez Breguet, l'autre à l'ONERA en 1946 où il développa son premier avion absorbant de rafales, mais aussi les ailes élancées pour de futurs vols à Mach 3 ; enfin le dernier fut ingénieur de vol à Nord-Aviation pour le « Gerfaut » et le « Griffon » : nous restâmes les 4 Mousquetaires...

CZICZENHEIM et **HIRSCH** travaillèrent sur l'aérodynamisme du Breguet 941, l'un pour les qualités de vol, l'autre pour le calcul des hélices qui devaient « souffler » les volets pour engendrer une hypersustentation environ double de celle des meilleurs avions de transport ($C_z = 6$ au lieu de 3 !). Tous deux avaient eu l'idée d'utiliser la grande soufflerie de Chalais/ONERA pour étudier les qualités de vol et le contrôle sur grande maquette motorisée en composites, dynamiquement semblables à l'avion (**figure 9**). Cette maquette était montée dans la veine libre avec un réseau de câbles permettant un vol « semi-libre » contrôlé depuis un poste de pilotage. Ces essais avaient permis aux futurs pilotes de se familiariser au vol d'approche, avec volets soufflés et contrôle par les hélices à pas différentiel. On aborda ainsi les premiers vols du prototype beaucoup plus rapidement.

BREGUET pendant l'occupation

L'idée de créer de la portance par

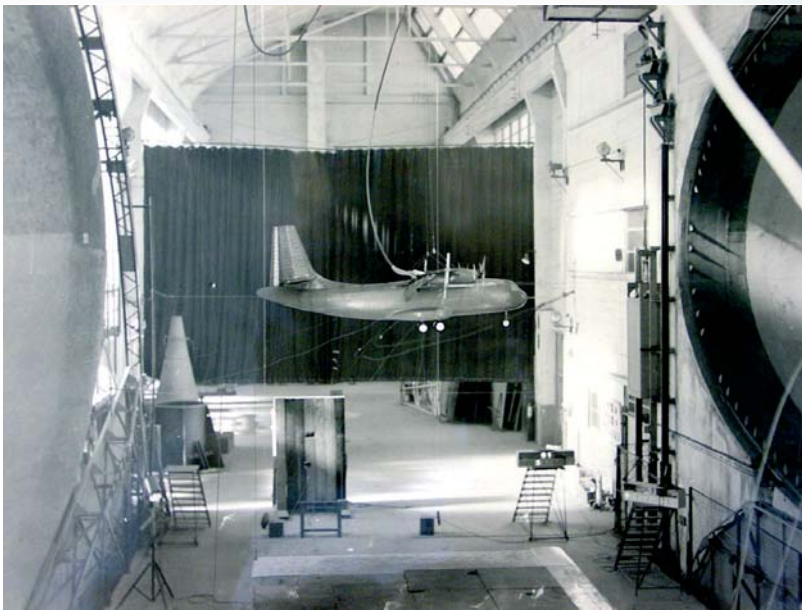
déflexion du flux des hélices revient à **Louis BREGUET** qui possédait encore un bureau d'études semi-clandestin en plein Paris pendant l'occupation. Le seul laboratoire en activité étant l'Institut Aérotechnique de St Cyr, nous y vîmes arriver un jour son chef aérodynamicien, **Jean BROCARD** : il demanda au Professeur **TOUSSAINT**, notre cher directeur, d'essayer secrètement un dispositif hélice + tronçon d'aile avec volets braqués pour évaluer la portance engendrée au point fixe.

Notre patron et son cher adjoint **Fritz GRUSON** acceptèrent avec enthousiasme de mettre une salle et des théâtres, dont j'étais, pour réaliser un premier montage bricolé : on obtint des résultats tout à fait convaincants qui conduisirent – 10 ans plus tard – au quadri-hélices expérimental, le Breguet

intégrer en 2^{ème} année ; je suivis les cours entre deux péripéties de la Résistance. Puis ce fut la Libération vécue au voisinage de la Sorbonne..., que je devais retrouver en octobre 44 : ainsi commencèrent les années d'apprentissage, mais ceci est une autre histoire.

ANDRÉ TURCAT

Lorsqu'on parle de pilotes d'essais surdoués il est difficile pour moi de ne pas évoquer l'ami **André TURCAT** avec qui j'eus trois bonnes occasions de travailler : d'abord au milieu des années 50, alors qu'il avait rejoint Nord-Aviation on lui confia en particulier l'avion à réaction expérimental Gerfaut II ; le dessin de son fuselage arrière qui devait inclure un stato-réacteur avait été d'abord réduit en diamètre à l'arrière pour fonctionner



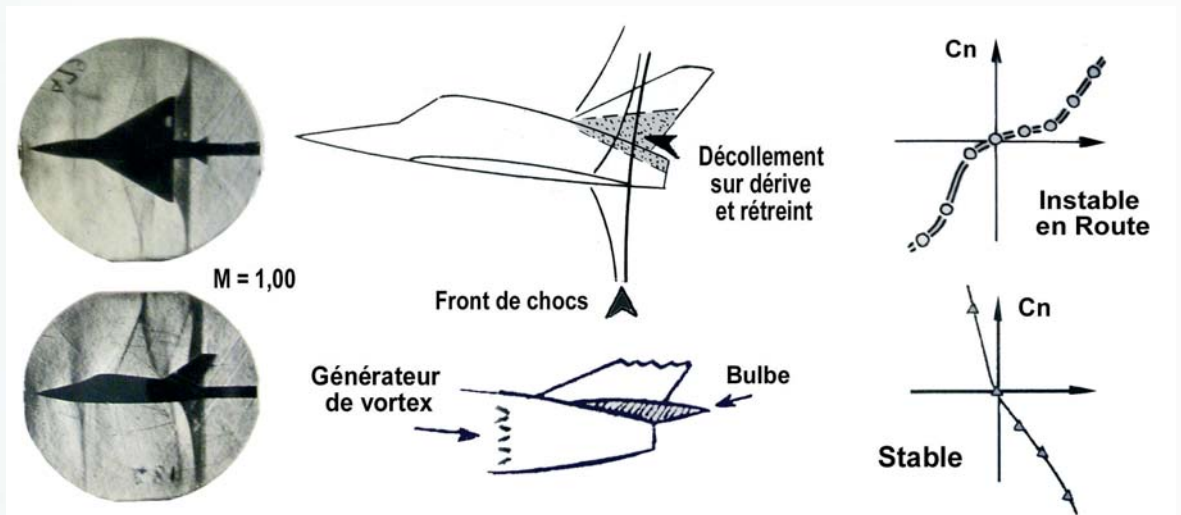
■ **Figure 9 : Maquette du Breguet 941 en vol semi-libre et en régime de décollage/atterrissage courts, dans la grande soufflerie de Chalais-Meudon, avec poste de pilotage hors veine d'essais.**

940. L'histoire de ces essais Breguet comporta aussi les premières mesures de sustentation sur un projet d'hélicoptère Breguet-Dorand à rotors contrarotatifs. Ici encore, il fallait se méfier d'une visite inopinée des Allemands et nous cachions soigneusement cette magnifique maquette motorisée, en cas d'alerte. Il se trouva cependant que le secrétaire de **TOUSSAINT** et le contremaître de **BREGUET** appartenaient à un même réseau de résistance, et ils furent arrêtés un matin par la Gestapo. Ils ne revinrent pas de leur camp de concentration.

TOUSSAINT se comporta magnifiquement mais toute activité cessa à St Cyr ; d'ailleurs les bombes commençaient à tomber sur les voies ferrées proches de l'Institut, annonçant un débarquement prochain. L'I.G. **HARLAUT**, directeur de SupAéro, invita certains d'entre nous à

avec un seul réacteur, d'où un « croupon » très court.

Un beau jour, **TURCAT** aborda le passage du son ; mais, à Mach 0,98, de violentes et croissantes oscillations latérales le conduisirent à couper immédiatement les gaz. Le lendemain même **LAZAREFF**, l'ingénieur de vol, vint nous voir à la soufflerie transsonique S5 de Chalais avec une effrayante bande d'enregistrement en vol de la divergence de la stabilité de route, juste à Mach 0,98 : nous avions la maquette et nous procédâmes à son essai, pour mesurer les caractéristiques de moment de lacet avec visualisation des ondes de choc (**figure 9**) ; à l'approche de la vitesse du son, un énorme décollement en arrière du front de choc, intéressant l'arrière du fuselage entraînait un décollement qui provoquait la perte croissante de l'efficacité de la dérive ; les courbes de lacet mesurées



■ Figure 10 : Problème de stabilité de route pour le N-1402 « Gerfaut II » au passage du son. Le problème fut résolu grâce aux essais en soufflerie transsonique. L'ajout d'un bulbe au niveau de la dérive supprima l'instabilité. La solution fut ensuite confirmée en vol par André TURCAT

en fonction du Mach montraient une subite inversion de la stabilité à partir de... 0,98, comme en vol ; elle aurait entraîné dans les secondes qui suivent, la rupture de la dérive et la destruction de l'appareil. On proposa des solutions de secours, avec un gros bulbe devant la dérive, qui reconstituait la fameuse continuité de la loi des aires transsonique, puis, on garnit le fuselage d'une multitude de petites palettes - les « générateurs de tourbillons » - qui avaient souvent guéri des avions de décollement dangereux ; l'essai en soufflerie montra qu'on supprimait ainsi l'instabilité. On lança en urgence cette modification de l'avion pour que TURCAT puisse réaliser un magnifique bang sonique au-dessus du public du salon du Bourget de 1955, prouvant qu'il avait bien passé la vitesse du son ! Ce petit plaisir est actuellement interdit.

LE GRIFFON DE NORD-AVIATION

Peu d'années plus tard, TURCAT prit en main les essais en vol d'un prototype expérimental de Nord-Aviation extraordinaire conçu sous la direction

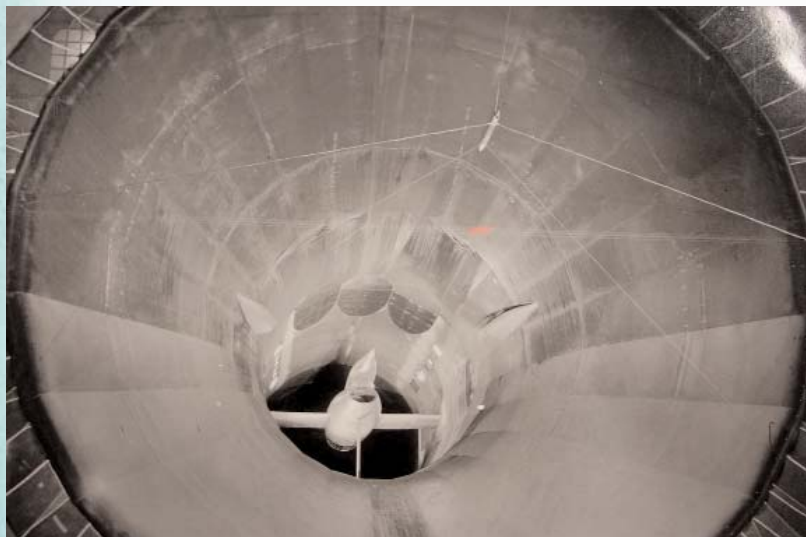
de **Claude FLAMAND** : le N-1500 « Griffon » ; c'était un avion magnifiquement dessiné, avec une aile delta et un plan canard, et dont l'énorme fuselage contenait un turbo-réacteur central entouré d'un stato-réacteur avec des couronnes d'injection de carburant (figure 11). Le problème essentiel que n'avait pas résolu LEDUC : l'instabilité de combustion, avait été supprimé par GOZLAN, le spécialiste de Nord-Aviation grâce à des essais réussis sur des fusées expérimentales portant un stato à des vitesses supersoniques. Nous nous étions occupés des essais en soufflerie à Chalais du NORD-1500 et ses qualités de vol étaient estimées excellentes (figure 12). De plus, Nord-Aviation eut l'accord des services officiels pour expérimenter le fuselage avec son turbo-stato-réacteur en vraie grandeur jusqu'à Mach 0,7 dans la soufflerie sonique de Modane ; ce fut très impressionnant de regarder par les hublots la mise en route du turbo,

puis du stato crachant une énorme flamme ; je me souviens de la joie de TURCAT de commander la poussée du stato avec la manette des gaz et, de constater la parfaite stabilité de la combustion ; les essais de Modane donnèrent confiance, et les essais en vol commencèrent peu après, confirmant les prévisions de l'ONERA. Il passa bientôt Mach 1 avec une grande facilité

« Avec André TURCAT, on se revoit souvent à l'Académie de l'air (ANAE) qu'il fonda à Toulouse en 1983 et on se raconte des histoires des années 60! »

grâce à l'énorme poussée du stato, qui permit d'atteindre Mach 2,19 en montée, puis il battit le record du monde de vitesse sur 100 km en circuit fermé à 1643 km/h en 1958 !

Il y eut une troisième longue collaboration avec TURCAT lorsqu'il dirigea la préparation, puis les essais en vol des Concorde prototype, de présérie et de série, avec le succès que l'on sait. Maintenant, on se revoit souvent à l'Académie de l'air (ANAE) qu'il fonda à Toulouse en 1983 et on se raconte des histoires des années 60 !

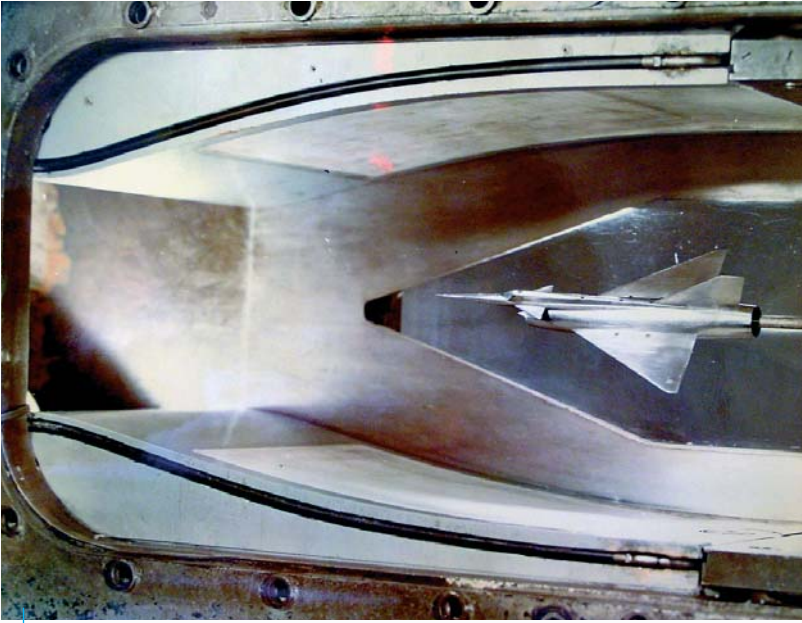


L'HOMMAGE AUX FRÈRES WRIGHT

En janvier 1967, ce fut une autre histoire, lorsque j'eus l'honneur de présenter la grande conférence annuelle en hommage aux frères Wright de l'institut aérospatial américain (AIAA), à New-York (figure 13).

On avait une heure pour exposer un sujet original sous une forme synthétique. J'avais plus de 6 mois pour pré-

■ Figure 11 : Essai du groupe moteur de l'avion Griffon en grandeur réelle à la soufflerie S1 de Modane Avrieux. Le fuselage de 1,50 m de diamètre comporte dans sa partie centrale un turbo-réacteur et dans sa partie annulaire un stato-réacteur.



■ Figure 12 : Maquette du « Griffon » dans la tuyère Mach 2 de la soufflerie S5 Chalais

parer cette conférence avec mon équipe. Avec l'accord de mes directeurs et des services officiels, je choisis un sujet qui m'était cher, et où nous avions une certaine expérience à l'ONERA. C'était : « De la soufflerie au vol, le rôle du laboratoire dans le développement aérospatial » (6). Pour valoriser ce plaidoyer pro-domo, je pris le risque de demander à de nombreux centres de recherches étrangers et aux principaux constructeurs américains, anglais, français... et suédois, de m'envoyer des exemples de comparaison théorie/soufflerie/vol. Lettre que je fis signer par notre cher Président d'alors : **Paul GERMAIN**.

Bien que les constructeurs aient tendance à garder secrets leurs résultats satisfaisants, ou pire désastreux, j'eus la chance, grâce à de bons amis, de recevoir environ 40 contributions passionnantes non publiées. En y ajoutant nos propres expériences, j'obtenais un panorama assez convaincant, allant de l'essor vertical du Mirage III V à la rentrée dans l'atmosphère de la capsule GEMINI/NASA en passant par le subsonique, le transsonique, le supersonique et l'hypersonique !

Ce fut un énorme travail d'exploitation pour mon équipe et pour d'autres divisions de l'Office (figure 14). De plus, notre service cinéma me monta des séquences d'essais en soufflerie et en

vol, ainsi que de fascinantes visualisations d'**Henry WERLÉ** dans le tunnel hydrodynamique de Châtillon. Le clou du film était la visualisation du tourbillon et de son éclatement sur une maquette d'un avion expérimental de la NASA ; j'avais assisté en effet, à la NASA/AMES, aux vols du F5D-1, avion embarqué prototype pour l'US-Navy : on y avait

« La vrille, c'est comme les histoires d'amour : on ne sait pas comme on y entre, et il est bien difficile d'en sortir ! »
Th. von KARMAN.

moulé au bord d'attaque originel une forme en plan en « gothique flamboyant » inspiré de celui du futur Concorde ; j'obtins les

mesures et visualisations en vol que nous allions comparer aux résultats sur maquette du F5D dans notre soufflerie de Cannes et dans le tunnel hydrodynamique de **WERLE (figure 15)** :

accord parfait et grande satisfaction des constructeurs de Concorde, qui pouvaient compter sur le supplément de portance tourbillonnaire et d'un effet de sol très favorable, mais ils devaient se méfier du dangereux éclatement du tourbillon aux grandes incidences (il n'apparaissait en fait qu'au double de l'incidence d'approche de Concorde).

En liaison avec des recherches en soufflerie à l'ONERA destinées au projet

Concorde, le CEV me gâta avec des vols expérimentaux sur le Mirage III. L'étude de la vrille, fort dangereuse (**von KARMAN** disait « la vrille, c'est comme les histoires d'amour : on ne sait pas comme on y entre, et il est bien difficile d'en sortir ! »), fut d'abord réalisée à la soufflerie ONERA de Lille (IMFL) et on trouva le moyen d'en sortir par un braquage brusque des élévons dans le sens de la vrille. Les pilotes d'essais, qui avaient assisté aux essais dans le tunnel vertical, appliquèrent bientôt cette technique qui réussit pleinement. Les prises de vue en vol étaient assez terrifiantes lorsque le pilote déclenchait la vrille à Mach 0,9 et 30 000 pieds ; le spectateur était soulagé par sa sortie de vrille pas très loin du sol !

Par ailleurs, le Mirage III biplace à stabilité variable, développé par **KLOPSTEIN**, génial ingénieur-pilote du CEV, servait à simuler des vols Concorde. L'ONERA avait réalisé une difficile étude des termes d'amortissement instationnaires sur maquette oscillante dans la soufflerie transsonique S5 de Chalais entre Mach 0,8 et 1,4. On demanda donc au CEV/Istres de reproduire de telles mesures en vol, par déclenchement subit des commandes selon les 3 axes : les comparaisons, quoique dispersées, se recoupaient bien, ce qui fournit une base de données uniques au monde.



■ Figure 13 : New-York 1967. Conférence AIAA en hommage aux Frères Wright. P. Poisson Quinton présente les maquettes étudiées à l'ONERA depuis 1955. On reconnaît de gauche à droite : le Super-Mystère de Dassault-Aviation, le Griffon de Nord-Aviation, le Concorde de Sud-Aviation/BAC, le Mirage et le planeur hypersonique de l'Onera.

(5) Patrick FACON et Philippe POISSON-QUINTON - 1945, le renouveau en France de la recherche aérodynamique. Dans les cahiers de Science et Vie N° 57, juin 2000.

(6) P. POISSON-QUINTON - « From wind-tunnel to flight, the role of the laboratory in aerospace design » 30th Wright Brothers Lecture/AIAA, Jan. 1967; ONERA TP 575F (1968). Extrait du Journal of Aircraft/AIAA, 1968.

(7) Pendant plus de 20 ans, toutes les présentations graphiques de ma division furent merveilleusement mises en forme et réalisées avec le talent incomparable de notre technicien dessinateur Jean COMMELIN, qui rendait compréhensibles les pires graphiques !



■ Figure 14 : Les participants au film « De la soufflerie au vol ». MM. Scherer, Marguet, Fasso, Cérésuela, Poisson-Quinton, Erlich (1967)

Pour en revenir à la conférence de New-York, ce fut une épreuve terrible où il fallait commenter, en « franglish », à la fois des diapositives et différentes séquences du film (7). Le tout devant un millier d'ingénieurs ! Finalement, ce « numéro de cirque » se passa bien puisque l'AIAA me demanda de le répéter une dizaine de fois autour des USA et du Canada dans le cadre de sections de l'AIAA, et à la NASA, à l'US Air Force Academy, ...

« Vous savez, j'ai piloté de nombreux avions à Mach 2 et plus, mais c'est la première fois que je peux boire une coupe de champagne et aller aux toilettes à ces vitesses. »
Lee SCHERER,
directeur de la NASA/DRYDEN.

Une conférence arrosée !

Ce furent de très bons souvenirs, sauf un soir, à Seattle, cité de Boeing, où l'AIAA eut la fâcheuse idée d'organiser ma présentation après un banquet ! La table du conférencier et de diverses personnalités était installée sur la scène d'une sorte de théâtre dominant une cinquantaine de tables d'invités légèrement « éméchés »...

Le président me pria de prendre la parole au dessert. J'avais un trac fou devant ce public bruyant, puis au moment où, après mon « joke » habituel de **Von KARMAN** (sur la comparaison de cet exposé avec la robe d'une jolie femme, etc.), je présentais ma première diapositive ; soudain, je vis devant moi un convive s'écouler par terre : affolement général, pompiers, etc, j'eus beaucoup de mal à reprendre le fil de mon exposé ! Et je ne sus jamais si le pauvre convive avait eu une crise cardiaque ou était victime d'un dîner arrosé...

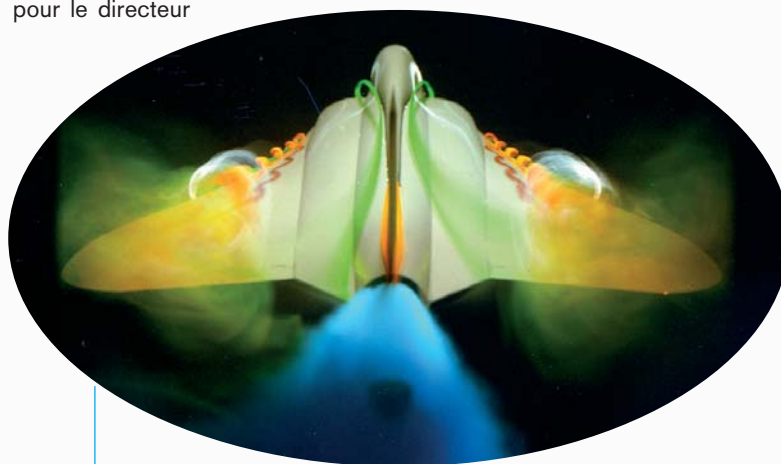
UN BAPTÊME À MACH 2 CONTRE UN VOL À MACH 3

Enfin, je me souviens d'une dernière histoire qui s'est passée longtemps après,

au salon du Bourget de 1973 : l'avion de pré-série « Concorde 02 » assurait non seulement les vols de présentation, mais aussi des « baptêmes Mach 2 » au-dessus de l'Atlantique, pour des personnalités susceptibles de se payer un « Concorde ». Depuis plusieurs mois, j'avais été sollicité par le centre d'essais en vol de la NASA/Dryden pour négocier avec l'Aérospatiale un vol sur Concorde pour un de leurs meilleurs pilotes d'essais (**Fitz FULTON** du B-70 Mach 3). On m'avait fait

comprendre, du côté français qu'on pourrait obtenir, en échange, un vol à Mach 3 sur leur fameux avion de reconnaissance SR-71 Mach 3. Les autorités américaines répondirent négativement, l'avion étant classé « secret ». Bien que déçu, **Pierre SATRE**, directeur technique de l'Aérospatiale, me fit savoir qu'il réservait quand même un siège sur un vol Concorde au Bourget, pour le directeur

de NASA/DRYDEN, **Lee SCHERER** ; il vint donc à Paris pour visiter l'ONERA et le salon ; la veille de son vol, un coup de téléphone de **Pierre SATRE** m'apprit qu'un prince arabe ayant annulé son vol, il m'offrait ce siège, avec **Lee SCHERER**. Ce fut évidemment l'un des grands moments de ma vie : nous prîmes les 2 sièges devant **SATRE** qui était chargé de l'accueil. Après le passage du son au champagne, nous fûmes invités dans le cockpit pour l'accélération supersonique et la croisière Mach 2 ; nous discutâmes longuement avec les pilotes d'essais, tout en amorçant la boucle au milieu de l'Atlantique ; puis, ce fut l'atterrissage majestueux sur la piste du Bourget après plus de 2 heures de vol ; en descendant de la passerelle, **Lee SCHERER** me confia : « Vous savez, j'ai piloté de nombreux avions à Mach 2 et plus, mais c'est la première fois que je peux boire une coupe de champagne et aller aux toilettes à ces vitesses ! » C'était un hommage original à Concorde !



■ Figure 15 : Visualisation au tunnel hydrodynamique de l'ONERA des tourbillons d'apex sur une maquette d'un avion expérimental de la NASA avec bord d'attaque inspiré de celui du futur Concorde.

(8) En fait le CAG fut d'abord expérimenté par l'Aérospatiale sur un Concorde expérimental avec instabilité contrôlée et le premier « mini-manche », par **TURCAT** sur simulateur et **Jean FRANCHI** en vol.

LES ANNÉES D'OPTIMISATION

Si on reprend mon graphique (figure 1), on voit entre 1970 et 75, un recouvrement des « années d'épanouissement » avec celles d'« optimisation ». J'ai voulu dire par là que, durant cette période, nous avions l'impression d'avoir tout découvert, y compris la Lune, mais qu'il restait beaucoup de technologies à améliorer.

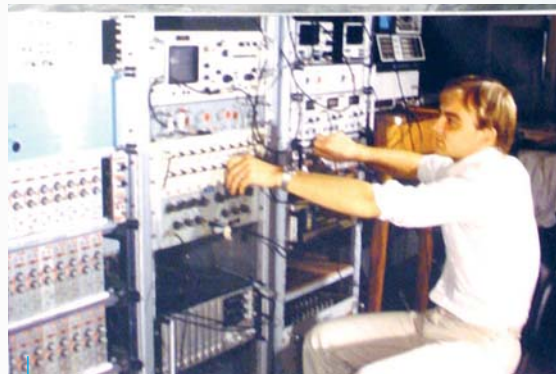
LES DÉBUTS DE L'AIRBUS

Une évolution capitale fut le lancement de l'Airbus en service (1974) ; on vit alors David (joué par Roger BETEILLE) s'attaquer à un Goliath à triple tête (Boeing + Douglas + Lockheed) !

Dix ans après apparaissait la « révolution CAG » (Contrôle Automatique Généralisé) sur un transport civil (8) : l'Airbus A320, révolution qui touchait déjà l'aviation militaire et l'espace. Simultanément, les partenaires allemands et français d'Airbus demandaient à l'ONERA une étude sophistiquée de la réponse de toutes les gouvernes « rapides » sur deux grandes maquettes d'Airbus dans la soufflerie transsonique S1 de Modane ; on demanda alors aux divisions « structures aérodynamiques » et au département « d'étude synthèse » de concevoir et de réaliser des montages permettant de mesurer, au travers d'un imposant ensemble d'ordinateurs la réponse instationnaire de ces gouvernes (figure 16). Après plusieurs campagnes d'essais à Modane on put fournir aux constructeurs, dans les années 80, une base de données nouvelles, unique au monde.



a)



b)

Figure 16 : Étude des gouvernes « actives » rapides pour le contrôle automatique en vol (CAG) sur une demi-maquette représentative de l'A310 à S1 Modane dans le cadre d'une coopération MBB/Aérospatiale/ONERA/ DVL. a) Essais à 0,5 « M » 0,85 ; b) Pilotage des gouvernes rapides et analyse des mesures instationnaires

LES ANNÉES D'ATTENTE

Pour conclure, avec quelque pessimisme, j'ai finalement porté, sur mon graphique une quatrième phase : « Les années d'attente », attente suscitée par un sentiment généralisé de saturation du trafic aérien, saturation des productions d'avions et bientôt de satellites – donc des lanceurs – saturation des circuits administratifs, (si j'osais : saturation d'« e-mails »), etc. L'attente d'un nouveau départ, de nouveaux projets... Peut-être avec une coopération plus efficace en Europe, capable de susciter de nouvelles « révolutions technologiques ». Pour cela, il faudrait aussi lutter contre le « désamour » latent des étudiants pour les formations scientifiques et techniques, et la recherche en général...

Décidément nous avons eu beaucoup de chance d'avoir vécu et - quelquefois participé - à de grands programmes de recherches suivis de développements réussis. C'était peut-être grâce à un climat tout-à-fait propice, en particulier à l'ONERA. Ce climat propice était lié aussi au dévouement d'un personnel technicien et ouvrier qui avait attrapé notre virus ! Nous leur demandions souvent, en cas d'urgence, de participer aux essais en soirée, le samedi, et même le dimanche ! Nous dépendions de services officiels avec de grands serviteurs de l'État prompts à prendre leurs responsabilités. Un exemple typique fut, en 1961, la création de la Direction des Recherches et Moyens d'Essais (DRME), sous la direction des Professeurs MALAVARD et AIGRAIN, qui avaient réuni de remarquables jeunes ingénieurs de l'armement (9).

En 1962, MALAVARD prenait en plus, provisoirement, la direction de l'ONERA avant la nomination du Professeur Paul GERMAIN, qui suscita de nombreuses vocations et favorisa notre plaisir de chercher, et quelquefois la joie de trouver !

En relisant ce patchwork, je crains des erreurs et des oublis, et d'avoir peint cette période un peu trop en rose ! Mais, après tout, ce ne sont que de vieux souvenirs, quelquefois inédits. Finalement c'était le bon temps et c'était bien...



Philippe POISSON-QUINTON
Haut Conseiller Honoraire de l'ONERA,
Président Honoraire de l'ANAE,
membre Emérite AAAF
Paris, mars 2004.

(9) J'en citerai deux qui me sont chers, les Ingénieurs en Chef Edouard BILLION et Jean CARPENTIER. BILLION avait été d'abord chef de division à l'ONERA après son passage à la DRME et fut ensuite rattaché au Commissariat à l'Énergie Atomique. Il périt avec plusieurs collègues du CEA lors d'un vol de liaison militaire. Jean CARPENTIER devait diriger la Direction des Recherches et Essais Techniques (DRET) qui remplaçait la DRME. Il fut ensuite élu président de l'ONERA et m'aida considérablement lorsque je fus nommé coordinateur du projet Euromart de la CEE (1987-88) qui regroupait 9 constructeurs européens. Il s'agissait pendant deux ans d'élaborer un plan prospectif à long terme destiné à bâtir une industrie aéronautique européenne plus compétitive ; ce dossier est encore d'actualité...

BIOGRAPHIE

Philippe **POISSON-QUINTON** est né le 29 juillet 1919 à Loches-sur-Ource (Aube).

Il obtient sa licence ès Science à la Sorbonne en 1943. Diplômé de l'École Spéciale des Travaux Publics et ancien élève de l'École Supérieure de l'Aéronautique (1945), il est assistant à la Chaire d'Aviation de la Sorbonne. (Groupe d'études aéronautiques : « Les cahiers d'aérodynamique », 1944 à 1948).

Il rejoint l'ONERA (Office National d'Études et de Recherches Aérospatiales) en 1946 où il est successivement ingénieur de recherches, chef de groupe de 1946 à 1963, puis chef de la Division aérodynamique appliquée les six années suivantes, coordinateur des recherches aéronautiques de 1969 à 1973, directeur technique adjoint pour l'aéronautique de 1973 à 1979, directeur des coopérations internationales de 1979 à 1984 et, à partir de cette date, haut-conseiller à l'ONERA.

Il a participé pendant un demi-siècle à la plupart des programmes de recherches aérodynamiques de l'ONERA concernant l'essor vertical ou court, les domaines transsonique, supersonique et hypersonique, en utilisant les souffleries et les essais en vol. Il a assuré les liaisons entre l'ONERA, les constructeurs et les services officiels militaires et civils.

Sa participation à l'activité internationale de l'ONERA est importante et il est tour à tour :

- responsable des liaisons techniques fréquentes avec les principaux centres de recherches et constructeurs aéronautiques et cycles de conférences aux Etats-Unis, au Canada, en Angleterre, Allemagne, Hollande, Belgique, Italie, Suède, Israël, Chine, Inde et Japon ;
- membre de la Commission mécanique du vol de l'AGARD de 1967 à 1984 ;
- membre fondateur du GARTeur (Group for Aeronautical Research and Technology in Europe) ;
- membre du Comité directeur de l'Institut **Von KARMAN** à Bruxelles de 1975 à 1988 ;
- coordinateur du projet Euromart auprès de la CEE de 1987 à 1989, avec les 9 constructeurs européens ;
- membre du Comité des programmes de l'ICAS (International Congress of Aeronautical Sciences) jusqu'en 1990.

Outre ses activités professionnelles, **Philippe POISSON-QUINTON** occupe de nombreux postes comme professeur, à l'École Supérieure des Techniques Aérospatiales (ESTA, Orsay) de 1955 à 1999 ; à l'École des pilotes d'essais (EPNER, CEV/Istres) de 1964 à 1993 ; à l'université de Princeton (N.J. USA) comme professeur invité en 1975-76. Il est également conférencier à l'École Supérieure de Guerre Aérienne, puis Interarmes à Paris pendant vingt années à partir de 1968 ; à l'École Nationale Supérieure de l'Aéronautique et à l'École Nationale de l'Aviation Civile de Toulouse et au von Karman Institute à Bruxelles de 1960 à 1995.

Philippe POISSON-QUINTON est Chevalier de la Légion d'Honneur et de l'Ordre National du Mérite. Il a reçu la Médaille de l'aéronautique et les Palmes académiques.

Outre ses distinctions nationales, il est également, au niveau international :

- Fellow RAeS (Société Royale de l'Aéronautique Britannique 1971) ;
- Honorary Fellow AIAA (American Institute for Aeronautics and Astronautics, 2002) ;
- Médaille **Von KARMAN** de l'AGARD (Advisory Group for Aerospace Research and Development, 1981) ;
- Médaille **Maurice ROY** pour la Coopération Internationale (International Congress of Aeronautical Sciences, ICAS, 1988) ;
- Médaille ICARE 1991 de l'AJPAAE (Association des Journalistes de l'Aéronautique et de l'Espace) ;
- Ludwig Prandtl Ring 1997 de la DGLR (Deutsche Gesellschaft für Luft- und Raumfahrt eV).

Actuellement, et depuis 1984, **Philippe POISSON-QUINTON** est :

- Haut-Conseiller Honoraire à l'ONERA,
- Membre honoraire de l'Académie Nationale de l'Air et de l'Espace (ANAE), après en avoir été président en 1993-94.
- Ancien co-rédacteur en chef de la revue « Aéronautique et Astronautique »
- Membre Émérite AAAF

LA LETTRE AAAF

Éditeur : Association Aéronautique et Astronautique de France, AAAF
 61, av. du Château - 78480 Verneuil/Seine
Tél : 01 39 79 75 15 - Fax : 01 39 79 75 27
secr.exec@aaaf.asso.fr - www.aaaf.asso.fr
Directeur de la publication : Michel SCHELLER
Rédacteur en chef : Khoa DANG-TRAN
Comité de rédaction : Michel de la BURGADE, Shirley COMPARD, Claude HANTZ, Jacques HAUVETTE, Philippe JUNG, Georges MEAUZE
Rédaction : Tél : 01 46 73 37 80 ; Fax : 01 46 73 41 72 ; E-mail : lettre@aaaf.asso.fr

Ont notamment collaboré à ce numéro Spécial POISSON QUINTON :
Khoa DANG TRAN, Jean DELERY, Philippe POISSON-QUINTON, André TURCAT.

Crédits Photos : John GAY, ONERA.
Conception : Khoa DANG-TRAN, Sophie BOUGNON
Réalisation : Sophie BOUGNON
Imprimerie : Imprimerie CLAUDEL
Dépôt légal : 3^{ème} trimestre 2004

ISSN 1767-0675
 Droits de reproduction, texte et illustrations réservés pour tous pays