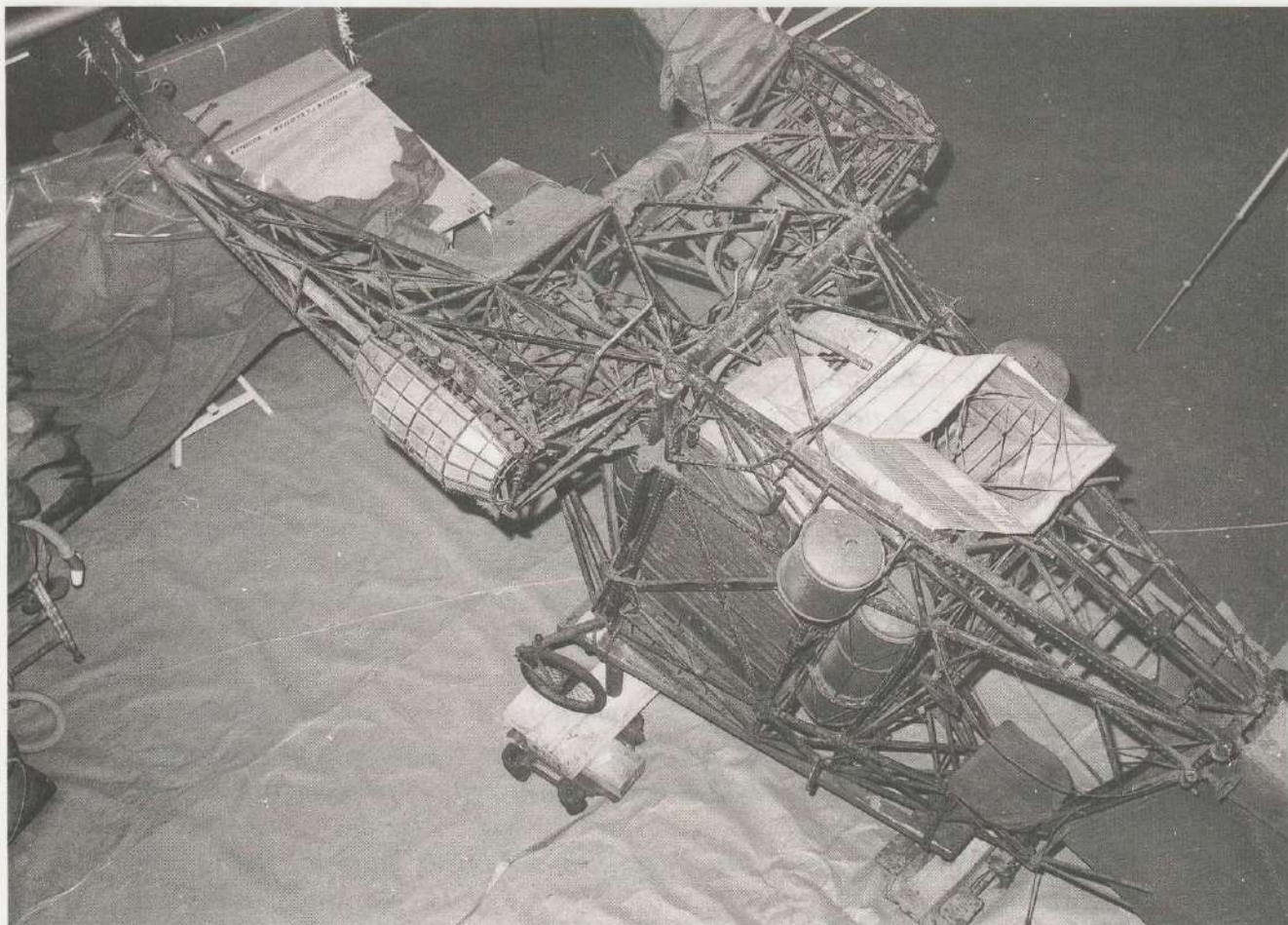




Le fuselage de l'Avion 3 vient d'arriver à l'atelier de Meudon. Rien n'est encore démonté. On va commencer par le photographier sous tous les angles.

LES DESSOUS DE LA RESTAURATION DE L'AVION 3 AU MUSÉE DE L'AIR (1978-1990)

Parmi toutes les restaurations qui ont été faites au Musée de l'Air depuis une vingtaine d'années celle qui aura exigé le plus de temps pour aboutir – douze années – est, de loin, celle de l'Avion 3 d'Ader.

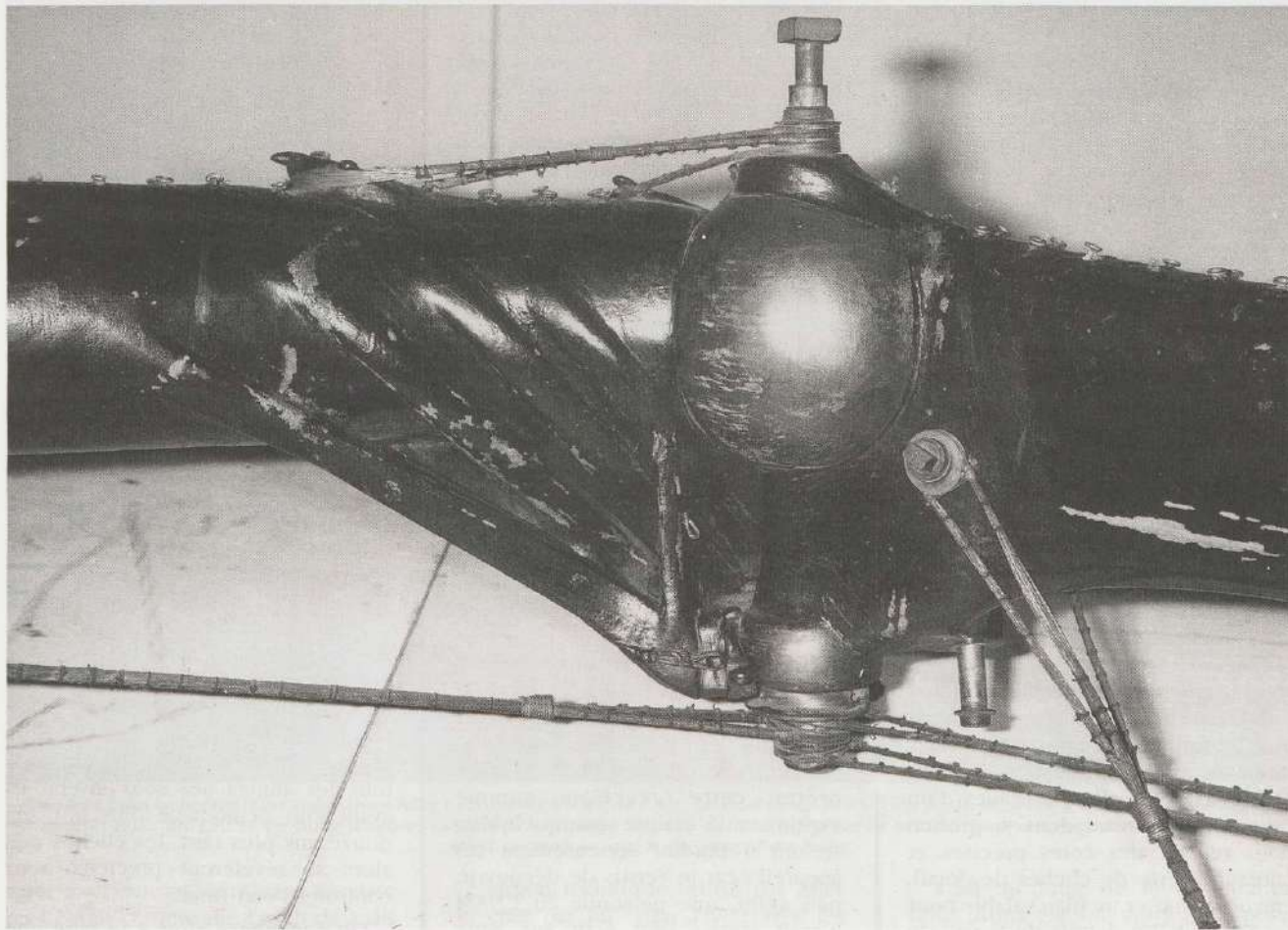
Beaucoup de bonnes raisons peuvent expliquer un délai aussi inhabituel, à commencer par le fait que cette tâche est venue s'ajouter à toutes les opérations prioritaires qu'impliquait la remise en état des collections du musée pour leur exposition dans les nouvelles installations du Bourget. C'est aussi la complexité

de la construction de cet appareil dont la technologie peu classique déroutait les experts en aviation ; sans même parler de celle du moteur à vapeur, assez peu répandu sur nos terrains. Ajoutons-y le manque de tout plan ou de notice de fonctionnement dont l'existence aurait pu nous être d'un grand secours.

Cependant, une autre cause, rarement aperçue, semble bien résulter de l'évolution de l'attitude des restaurateurs eux-mêmes vis-à-vis des conceptions d'Ader ; à commencer par l'auteur de cet article,

qui a accepté l'entière responsabilité de cette restauration dès l'origine.

Comme ce papier se propose essentiellement de montrer comment a été vécue cette aventure par ceux qui en ont été chargés, et qu'il ne cache pas les erreurs commises, notre lecteur voudra bien permettre à celui qui tient ici la plume de s'exprimer à la première personne, contrairement à l'usage établi : ainsi pourra-t-il clairement assumer sa propre responsabilité et dégager celle des autres personnes qui ont eu à travailler sous sa direction.



Un exemple typique de la complexité de la structure : l'articulation du « coude », permettant de replier le « bras » et l'« avant-bras », ces deux membrures constituant le longeron principal de l'aile. le « bras », à droite, se termine par une « boule » ; sur celle-ci s'appuie, du côté gauche, l'« avant-bras » dont l'extrémité creuse vient s'emboîter sur la « boule ». Des câbles, en haut et en bas, empêchent les pièces de se déboîter. Au sommet de la « boule », une pièce rapportée, qui n'est pas d'Adér : il s'agit d'un tirefond à tête carrée, vissé dans l'axe de la « boule » ; il servait à tenir l'aile, attachée par un câble à la voûte de la chapelle.

LE POINT DE DÉPART

L'année 1977 avait été chargée.

Peu avant l'ouverture du 32^e Salon du Bourget, le ministre de la Défense, M. Yvon Bourges inaugurait, le 10 mai, le hall A.

Deux jours après, M. Jean Martre, alors Délégué Général pour l'Armement, ouvrait à son tour, à Meudon, l'exposition du Centenaire de la recherche aéronautique en France.

Et le 3 juin, le Musée de l'Air était envahi par les visiteurs du Salon.

Enfin, plus discrètement, le 25 juin, venant de Toul, le commandant de la 11^e Escadre, le colonel Richelot, à bord de son Jaguar biplace, accompagnait pour son dernier vol le F 100 livré au musée par le capitaine Zurlinden.

J'étais loin de penser qu'au milieu de tous les projets déjà bien avancés pour la suite devait se glisser un intrus...

Tout a commencé à l'approche de Noël 1977. Le 22 décembre, je recevais un appel à l'aide de M. Soulard, conservateur du Musée des Techniques du Conservatoire des arts et métiers : on venait de retrouver en Suède un fuselage assez complet d'un Breguet militaire type 1912. Une équipe de Suédois se proposait de reconstruire les parties manquantes de cet appareil et de restaurer ainsi, pour le musée de leur armée de l'air, le seul survivant de la première escadrille de l'aviation militaire de leur pays. Seul problème : le manque de plans et de précisions techniques. Par chance, le CNAM conservait le Breguet de Brégi, type 1911, d'où

était issue la série des machines livrées à la Suède.

M. Soulard, ne disposant d'aucune documentation aéronautique appropriée, ni de spécialiste d'aviation, me demandait de l'aider. Cela était flatteur pour le Musée de l'Air, et pouvait être mis à profit pour le faire connaître à l'étranger, à condition de se montrer utile. Je répondais donc immédiatement, et le jour même je me rendais au CNAM pour voir le Breguet de Brégi (1) et faire le point avec M. Soulard.

L'avion était dans un état lamentable : le longeron du plan fixe, du côté droit, était cassé à son emplanture et pendait verticalement,

(1) Pour une description et un article se rapportant à cet appareil et à l'exploit de Brégi, se reporter à Pégase, n° 13, paru en 1979.

retenu par la seule toile de recouvrement; l'entoilage de l'aile, vieilli et soumis aux variations de température et d'humidité, était déchiré en multiples endroits et couvert de « rustines »; les parties métalliques étaient très oxydées; et le tout était recouvert d'une épaisse couche de poussière.

Qu'allaient penser les Suédois de notre peu de respect pour cet avion historique et totalement authentique?

Le conservateur, démuné de tout moyen de corriger la situation attendait beaucoup du Musée de l'Air. Mais, à l'époque, il était impossible à ce dernier de prendre en charge la nécessaire restauration de l'appareil. Je proposai alors de déposer l'avion au sol, et d'en démonter les grands sous-ensembles pour les dépoussiérer; ce qui fut fait dans une salle voisine. Le plan fixe fut amené à l'atelier de Meudon pour réparation, réentoilage et peinture: une façon de se faire une idée de ce que pouvait représenter une restauration complète sur ce type d'avion. Quant à l'aile, elle fit l'objet d'un examen approfondi dont je profitai pour relever des cotes précises et faire une série de clichés de détail, en vue d'en tirer un plan valable pour les Suédois. En dehors du travail de photo et de dessin, que j'ai effectué moi-même, l'ensemble de l'opération a coûté deux ouvriers, détachés à plein temps au CNAM, pendant un bon mois. C'est tout ce que nous pouvions faire pour « sauver l'honneur ».

Cette opération m'a amené à m'intéresser aux autres avions du CNAM et, en particulier, à l'Avion 3. Il était dans un état aussi lamentable que le Breguet; plus grave: les nombreux câbles qui solidarisaient les membrures étaient oxydés au dernier degré, et menaçaient de rompre... Plus encore que pour le Breguet, une restauration complète était urgente, car on pouvait s'attendre à de sévères dégâts.

Il y avait encore autre chose qui m'a poussé à intervenir. En 1975 et 1976, j'avais eu l'occasion d'interroger longuement M. Charles Dollfus sur l'origine des avions du musée, dont il avait été le conservateur pendant plus de trente ans, après le capitaine Hirschauer. Au cours d'une bonne dizaine d'entrevues, j'ai pu apprendre de lui beaucoup de choses

sur les pionniers de l'aviation française qu'il avait presque tous connus, y compris Ader. C'est ainsi que, n'ayant pas étudié personnellement la question des vols d'Ader auparavant, j'ai subi l'influence de son opinion sur Ader, renforcée par la thèse qu'il avait défendue dans Icare en 1974 (n° 68).

Or au CNAM, en examinant de plus près l'avion lui-même, je constatai que l'isolation de la chaudière, que Dollfus disait être en briques réfractaires, était en fait constituée de plaques de liège; et que la cheminée de l'appareil était en aluminium, alors que, dans ses écrits, Dollfus affirmait qu'Ader n'avait pas employé ce métal, ce qui lui semblait être la marque d'une déficience technique impardonnable. Un certain doute me saisit alors sur la valeur des affirmations de Dollfus. Lui rendant compte de mes visites au CNAM, je lui dis qu'à mon avis, il fallait d'urgence restaurer cet avion. C'est alors qu'il s'écria: « Surtout n'y touchez pas! Il tomberait en poussière immédiatement... » A tort ou à raison, j'interprétai cette réaction comme exprimant la crainte que quelqu'un se mît à étudier sérieusement cet appareil; car je venais de découvrir, peu avant, que personne au CNAM n'avait jamais rien écrit sur cette machine, ce qui laissait toute leur crédibilité aux propos de Dollfus.

Le plus vieux avion du monde qui ait été conservé, même s'il n'avait pas volé, méritait une restauration et une étude sérieuse, me semblait-il. Mais bien sûr, il faudrait procéder sans précipitation, pour limiter les risques, à première vue très exagérés par Ch. Dollfus. Comment se fait-il, me disais-je, qu'en 1978, près de 80 ans après l'expérience de l'Avion 3 à Satory, on n'ait pas encore réussi à lever le doute sur la réalité de son vol, alors que l'on dispose de tous les moyens techniques nécessaires pour déterminer si cet appareil qui est là, entre nos mains, pouvait voler ou non?

Au printemps 1978, j'étais heureux d'avoir pu convaincre les responsables du CNAM de faire confiance au Musée de l'Air pour la restauration et l'étude de l'Avion 3; et surtout, devant les difficultés prévisibles de l'opération, d'obtenir que ne soit fixée *a priori* aucune date de retour impératif, étant entendu qu'à tout

moment les représentants du CNAM pouvaient venir vérifier à Meudon l'avancement des travaux.

Devant l'indifférence général pour ce pauvre avion et pour Ader, il fallait saisir la chance qui s'offrait: pour une fois, quelqu'un était vraiment décidé à s'en occuper et tout le monde était heureux de le laisser faire...

On laissa passer les vacances d'été, et l'Avion 3, démonté par l'équipe du Musée de l'Air, fut transporté à Meudon, où il atterrit le 29 août 1978. L'aventure commençait.

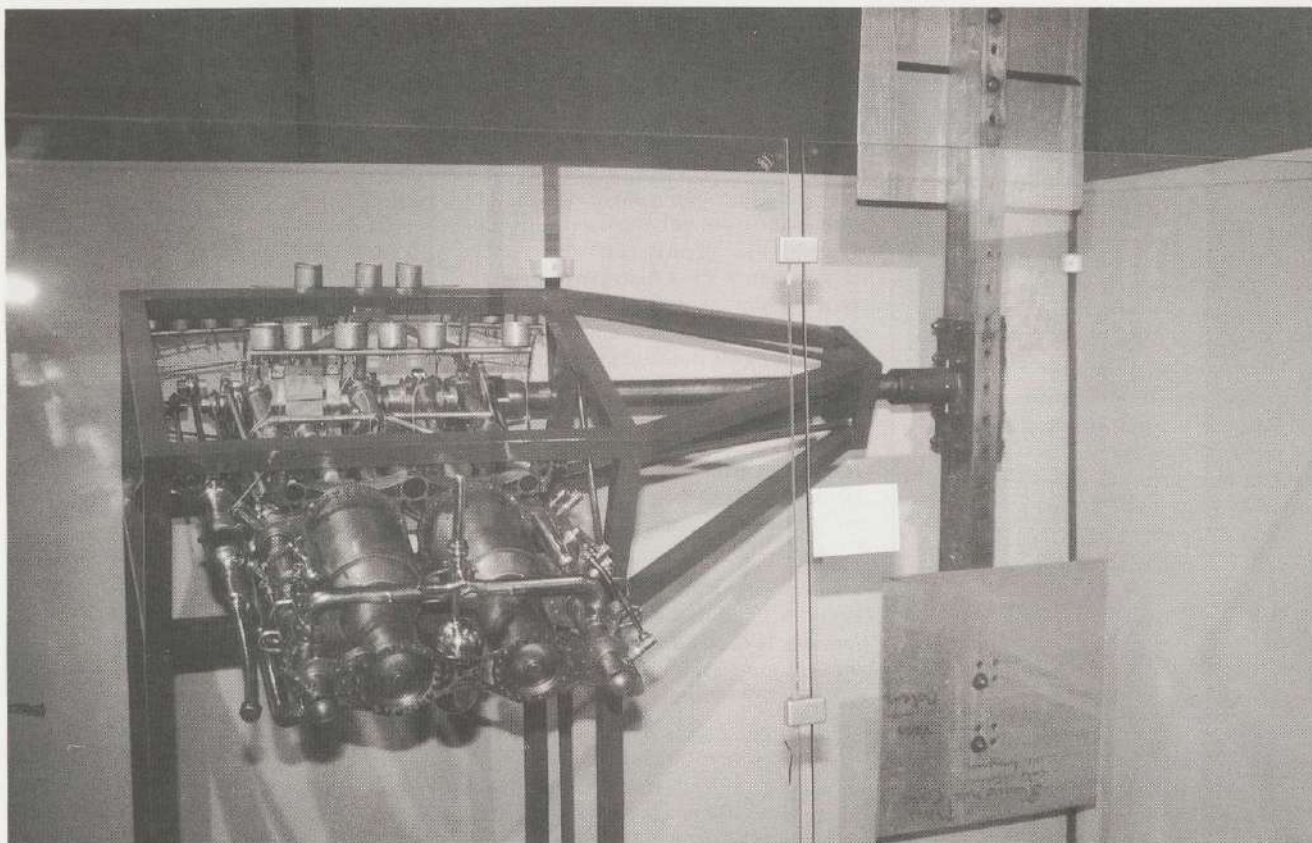
COMMENT S'Y PRENDRE

Enfin placés dans un local bien éclairé, aménagé, par cloisonnage léger à l'intérieur du hall de Meudon, les sous-ensembles de l'Avion n° 3 s'offraient aux yeux étonnés de tous les employés de l'atelier. Un de nos meilleurs chefs d'équipe, M. Berthod, fut désigné pour diriger les premiers travaux: dépoussiérage le plus poussé possible, photographie sous tous les angles des sous-ensembles avant tout démontage plus poussé: douze ans plus tard, les clichés pris alors se révéleront précieux pour contrôler l'état final.

On commence alors à se faire une idée des dégâts et des réparations à envisager. Les objets métalliques — réservoirs, tuyauteries, cheminée, entrée d'air, etc. — sont construits en métal de très faible épaisseur: quelques dixièmes de millimètres! Ils ont mal résisté aux manipulations maladroites depuis 75 ans. Les réservoirs sont bosselés et parfois déchirés; les tuyauteries de faible diamètre sont écrasées par endroit ou coupées; les cloisons de cheminée — en aluminium — sont très oxydées et les cratères de corrosion sont devenus des trous. Tout cela va nous obliger à trouver des astuces pour les réparations, et à créer des outillages spécifiques. Cela ne va être ni simple ni rapide...

Du moins pour l'instant n'y a-t-il pas de mystères insondables. Ce sera une autre affaire avec l'installation motrice à vapeur, avec les hélices, et surtout avec la voilure.

Parallèlement à cette prise de connaissance de l'appareil, je m'efforce de recenser toute la documentation technique possible. Je vérifie



Le moteur gauche présenté à l'exposition Ader l'aérien du Musée de l'Air. Le moteur est monté, en position, dans un bâti spécial adapté au banc d'essai du CEPr; en bout d'arbre, est fixé le moulinet Renard destiné à freiner le moteur pour en mesurer la puissance. C'est ce moteur qui a été essayé au banc.

que, malheureusement rien n'existe au CNAM, comme me l'avait déjà dit M. Dollfus. Dans le fonds Ader, acheté en 1937 par le Musée de l'Air, on aura vite fait de découvrir les « cahiers d'atelier », tenus au jour le jour par les contremaîtres d'Ader, en cours de construction : ils seront notre aide essentielle tout au long de la restauration, pour les réparations et la compréhension des réglages.

En revanche, la reconstitution de la démarche intellectuelle d'Ader restera très difficile, faute de toute explication claire des raisons de ses choix. Seules les notes personnelles d'Ader peuvent apporter quelques indications, si on les rapproche des solutions finalement retenues sur l'Avion 3 lui-même. Mais leur exploitation reste très difficile en raison des nombreuses solutions étudiées, dont on n'est jamais tout à fait sûr qu'il n'en existe pas une autre qui est disparue ; car il est évident que beaucoup de notes ont été perdues. Enfin, le peu de souci de rédaction (peu de ponctuation, peu de majuscules en début de phrase, style elliptique, etc.), l'écriture difficile à déchiffrer (généralement au crayon),

le jargon technique utilisé par Ader et créé par lui (rien à voir avec les termes adoptés de nos jours), tout cela rend la compréhension difficile et laisse parfois place à l'interprétation.

Ainsi, après dix années de multiples lectures de l'ensemble des notes personnelles, il me semble avoir à peu près compris les grandes lignes de sa démarche. Cependant je suis persuadé qu'il y a encore beaucoup de travail à faire non seulement pour aller plus loin, mais même pour confirmer quelques-uns des points principaux qui semblent aujourd'hui les plus probables.

Mais si l'on se reporte à l'époque des débuts de la restauration, il faut comprendre que j'étais loin d'avoir tiré de ces notes tout ce qu'elles contiennent. Comme tous ceux qui se livrent à cette lecture pour la première fois (il s'agit de 3 000 pièces difficiles à comprendre et contradictoires entre elles, je le rappelle...), on est vite découragé et tenté de conclure qu'il n'y a rien à en tirer ; comme l'ont fait jusqu'ici tous les historiens, à commencer par Ch. Dollfus.

Tout au long de la restauration nous avons été amenés à nous poser des questions sur la raison des procédés utilisés par Ader pour construire son avion. En fait, nous nous sommes instruits en même temps que nous avançons dans les opérations d'étude et de restauration, menées simultanément, par la force des choses.

*
* *

Pendant que tous ces préparatifs se développaient, je m'efforçais de préciser un plan d'action. Il m'est apparu très vite qu'il était prioritaire de privilégier l'étude de l'appareil par rapport à la simple remise en état de l'Avion n° 3.

Avant même de chercher à établir la réalité des vols d'Ader sur la seule base de l'étude de documents – ce qui est la démarche historique classique – il me paraissait primordial de vérifier si l'Avion n° 3 avait une réelle possibilité de voler. Or jusqu'à ce jour, on n'était sûr de rien pour cet avion, même pour les données les

plus élémentaires, comme la surface de l'aile, la puissance des moteurs, le rendement de l'hélice, etc.

Aujourd'hui, nous connaissons sans équivoque les formules de la mécanique du vol concernant l'aéroplane ; il ne manque plus que les valeurs numériques à y introduire pour conclure enfin de façon assurée. Il est clair que si, par exemple, la puissance motrice mesurée et la traction d'hélice se révélaient, après avoir été mesurées, nettement insuffisantes, la polémique n'aurait plus de raison d'être : l'avion n'aurait pas volé puisqu'il ne le pouvait pas. Du coup toute nouvelle recherche historique serait devenue sans intérêt.

PRIORITÉ D'ÉTUDE AU MOTEUR

Voilà pourquoi je jugeai prioritaire de s'assurer de la puissance du moteur, pour le cas où Ader aurait annoncé des chiffres exagérés. Malheureusement au Musée de l'Air, personne n'avait la compétence nécessaire pour s'occuper d'un moteur à vapeur... De mon côté, je me suis mis à lire rapidement quelques livres sur le sujet pour me faire une idée sur la nature de l'aide qu'il fallait chercher à l'extérieur. Je conclus rapidement qu'il valait mieux ne rien démonter de l'installation motrice avant qu'un spécialiste n'en ait relevé un plan général, et ait pu s'en faire une idée *in situ*. Pour cela, il m'a semblé nécessaire de faire appel à deux personnalités différentes : l'une pour la théorie et la conception générale, l'autre pour l'aspect pratique de la conduite de la machine.

Sur les conseils de quelques ingénieurs de la DCAé, j'ai pu obtenir l'aide bénévole d'un ingénieur du Génie maritime, retraité ; et celle d'un agent de maîtrise de la SNCF, également retraité. Tous deux sont venus à Meudon et ont été étonnés de découvrir un moteur et une installation qui, finalement, avaient peu de rapport avec les matériels ferroviaires ou maritimes.

Avec une grande bonne volonté, l'agent de la SNCF a fait un schéma de l'installation (tout étant encore en place sur l'avion), et a estimé les cotes de course et d'alésage des

cylindres (haute et basse pression). Cela a permis à l'ingénieur du Génie maritime d'introduire ces paramètres dans ses équations et, moyennant quelques hypothèses, raisonnables à ses yeux, de donner une réponse à la question que je lui avais posée. D'après lui, la puissance de chacun des moteurs de l'Avion n° 3 devait être de l'ordre de 7,6 ch, soit 15,2 pour l'ensemble des deux moteurs, au lieu des 40 annoncés par Ader ! Six mois plus tard (octobre 1980), notre ami revoyait ses calculs à partir de nouvelles cotes plus précises, relevées cette fois sur les cylindres démontés. Il annonçait alors 23,2 ch au lieu des 40 attendus.

De plus, nos deux spécialistes « vapeur » avouaient ne pas comprendre comment Ader pouvait commander la marche de son moteur qui, à l'évidence, avait une admission fixe, à 50 % de la course.

De toute façon la puissance calculée était très loin du compte. A ce moment, où je n'étais pas encore du tout sûr des vols d'Ader, ce résultat de calcul ne m'étonnait qu'à moitié ; mais il fallait faire vérifier ce calcul avant d'en faire état. C'est alors que j'ai eu recours à l'ingénieur général R. Marchal, bien connu comme grand spécialiste des moteurs d'aviation, et thermodynamicien faisant autorité. Je lui ai ménagé, à Meudon, une rencontre avec l'ingénieur du Génie maritime. La discussion entre les deux ingénieurs aboutit au résultat que le moteur était une machine à double effet – ce que n'avait pas vu le chef d'équipe de la SNCF (mais il faut dire, à sa décharge, qu'on ne pouvait pas le voir sur le moteur en place dans l'avion...). Du coup la puissance totale, en doublant, passait à 46,2 ch, cette fois en accord avec celle qu'annonçait Ader.

Il était clair que l'origine de l'incompréhension du fonctionnement tenait à ce que l'on connaissait mal le moteur et ses accessoires. Je décidai donc de faire démonter toute l'installation, et de procéder à l'étude de tous les organes, jusqu'au stade d'un dessin descriptif. Cela nous permettrait de comprendre le fonctionnement des éléments les plus simples ; et pour les autres, cela faciliterait le travail des experts auxquels, de toute façon, nous serions appelés à demander de l'aide.

Enfin, l'examen des feuilles du calcul théorique m'amena à penser que l'on ne pourrait pas se dispenser d'une mesure de la puissance réelle par passage au banc, de façon à couper court à toute discussion sur les hypothèses retenues pour le calcul. Mais avant de faire tourner un moteur, il fallait s'assurer de l'état du matériel, et du bon fonctionnement du graissage. C'est à quoi furent consacrés les travaux à l'atelier, en 1982 et 1983.

De mon côté, et au fur et à mesure que les divers organes étaient désassemblés – non sans mal... – je me chargeais d'en faire des croquis, pour aboutir à la rédaction d'une première notice de description et de fonctionnement de l'ensemble propulseur. Bien entendu, il ne s'agissait encore que d'une première ébauche dont l'objet était de cerner les points du fonctionnement qui nous semblaient encore obscurs.

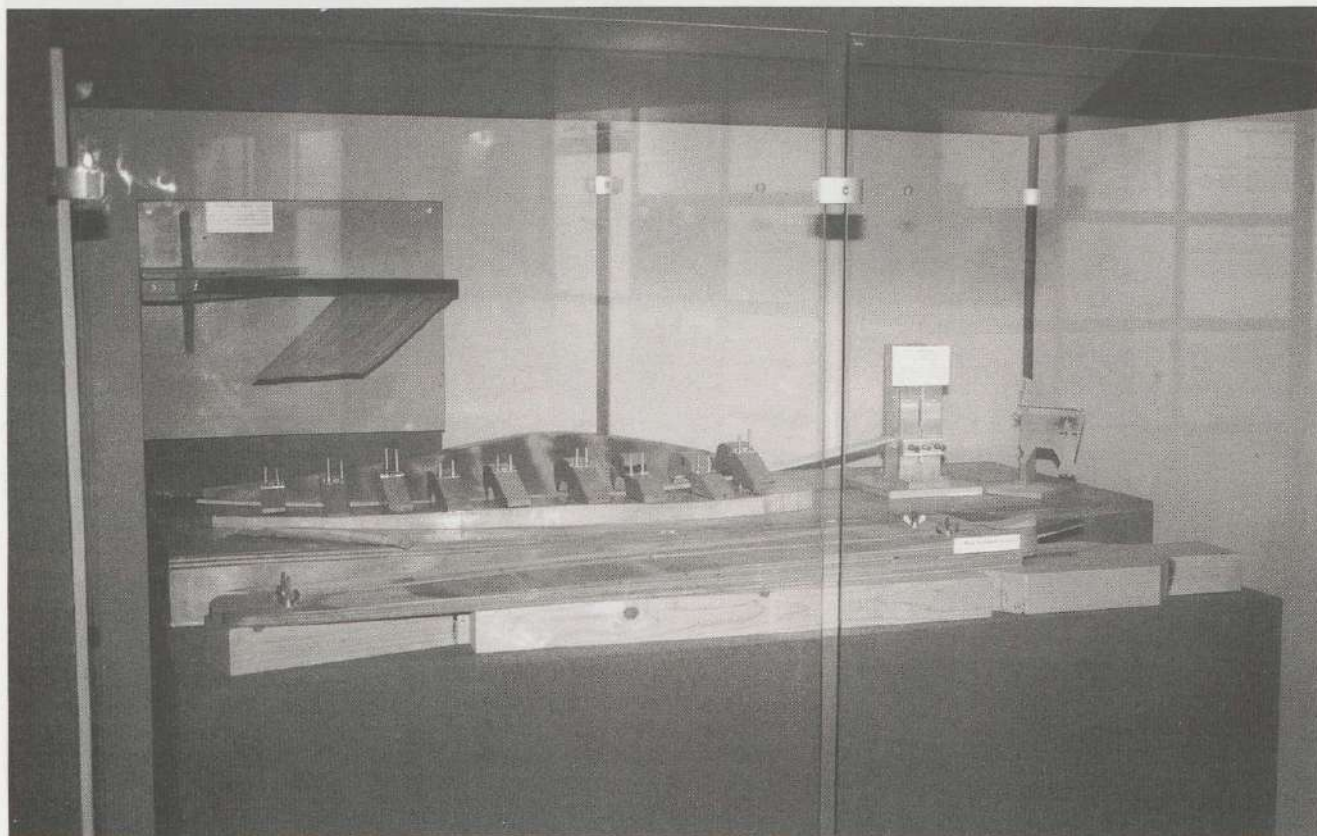
C'est pour lever les doutes sur ces derniers points que je fis appel, en 1984, au général Simonet, alors Directeur central du matériel de l'Armée de l'Air (DCMAA). On m'avait signalé son violon d'Ingres : les moteurs à vapeur...

Au début, il voulut bien me confier quelques livres traitant du sujet, pour améliorer mes connaissances générales. Puis, il est devenu notre véritable expert, jusqu'à intégrer définitivement notre équipe, à son départ de l'Armée de l'Air, en 1985. C'est lui qui, par la suite reprendra toute l'étude du GMP Ader et la portera à son état définitif actuel.

PREMIERS RÉSULTATS, PREMIERS ESPOIRS

Le passage au banc a été assez compliqué. M'en étant ouvert à M. Didier, qui venait d'être désigné pour diriger le Musée des Techniques du CNAM, en fin 1982, celui-ci proposa que l'essai ait lieu au banc d'essai moteur du CNAM. Plusieurs mois après, il s'avéra que cette solution n'était pas viable, et je fus heureux d'obtenir l'accord du CEPr pour faire les essais à Saclay, en profitant des installations vapeur de ce centre. Il nous en a coûté simplement l'achat d'un détenteur.

Après la construction, au musée,



Dans cette vitrine de l'exposition du Musée de l'Air, étaient présentés des outillages ayant servi à restaurer les pales d'hélice : moule d'« emplumage » des longerons de pale, moule de longeron, mesureur de calage des profils. En haut et à gauche : reconstitution à l'identique d'un élément de pale, ayant servi à la mesure du moment de torsion.

d'un bâti-moteur adapté au banc de Saclay, et à la mise au point – laborieuse... – du graissage des cylindres, le moteur gauche était prêt à tourner en octobre 1984. Ces essais ont été entre-coupés de déposes pour refaire les presse-étoupe, changer les segments, mettre en place les isolations cylindres, refaire les réglages (selon les cotes Ader, retrouvées au dernier moment), etc. Les mesures, entreprises en 1985, se sont déroulées, en plusieurs campagnes, jusqu'au 17 janvier 1986, où l'on a pu enregistrer une puissance de 25,17 ch (avant corrections) pour 475 tr/mn et 14 kg de pression absolue. Ce résultat, obtenu près des limites de calcul que s'étaient fixées Ader (500 tr/mn et 15 kg de pression) montre qu'Ader n'a pas menti en indiquant 20 chevaux comme puissance nominale du moteur de l'Avion N° 3.

ÉTUDE DE L'HÉLICE

Ce premier résultat était particulièrement encourageant ; en fait, dès les premiers essais, et malgré les défauts

d'étanchéité et les mauvais réglages, j'étais assez convaincu qu'on atteindrait les 20 chevaux par moteur.

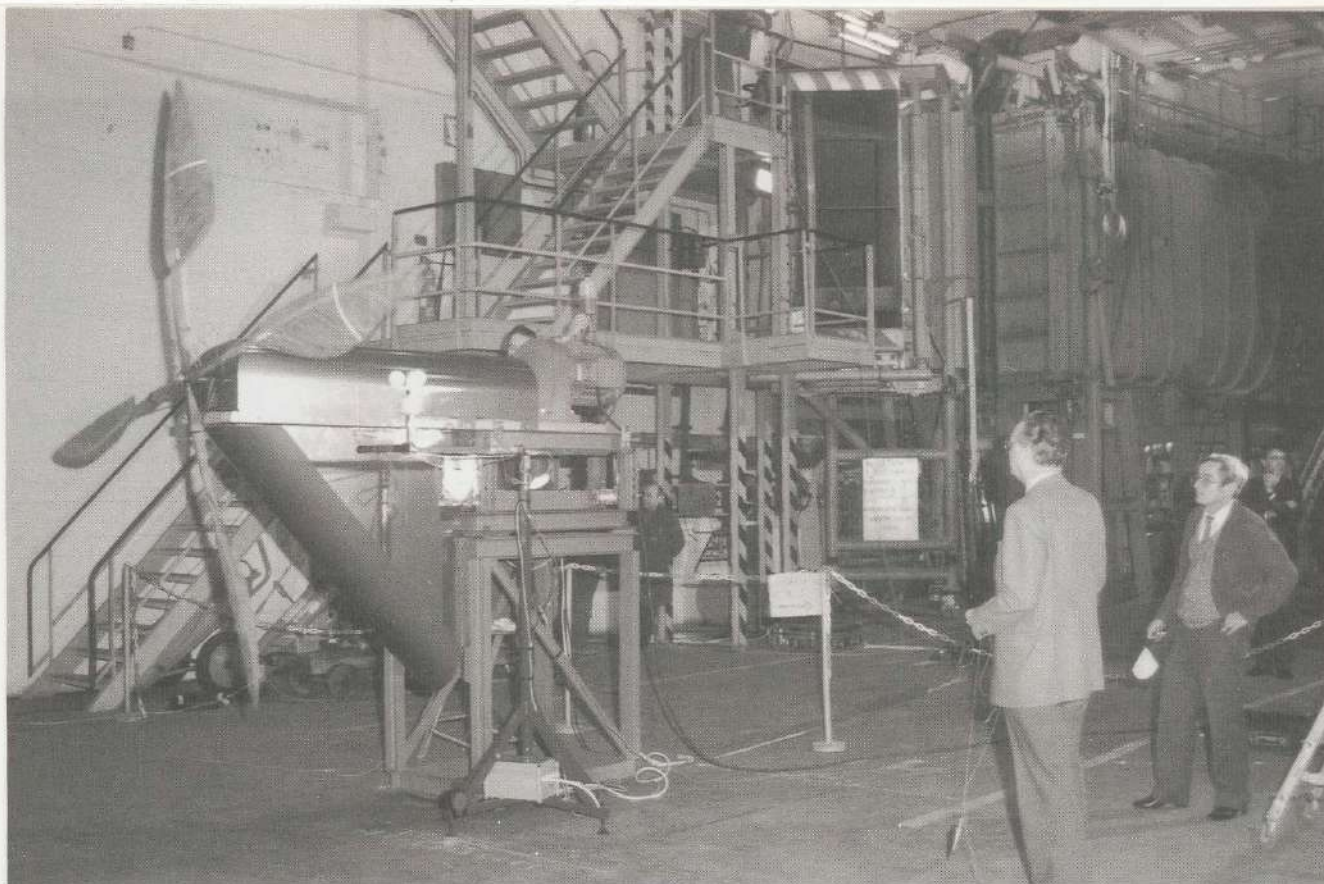
Tout de suite, je pensais aux mesures à effectuer sur l'hélice. Nos lecteurs sachant déjà tout sur cette question, largement traitée dans le n° 52 de Pégase (décembre 1988), je me contenterai de dire ici que la recherche d'une méthode de mesure valable s'est étalée de 1983 à 1989. Nous avons longtemps tâtonné, en commençant par un essai un peu simpliste dont le principal mérite était de ne rien coûter, tout en étant suffisant pour la démonstration qu'il fallait faire. Il s'agissait de vérifier si l'hélice était bien adaptée au moteur.

L'essai envisagé au départ se bornait à faire tourner l'hélice d'origine, entraînée par un moteur électrique, vers 350/400 tr/mn ; on aurait noté alors la puissance consommée (en fait, le voltage et l'ampérage à l'entrée du moteur utilisé). Puis on aurait remplacé l'hélice par un moulinet Renard dont on pouvait modifier le couple

résistant (en changeant la taille des palettes et leur éloignement du centre) ; jusqu'à trouver la configuration conduisant à la même puissance consommée, pour le même nombre de tours. Cet essai purement comparatif éliminait la nécessité de la mesure – délicate – de la puissance réelle et du couple. Elle semblait à la portée des moyens du musée.

Malheureusement, nous n'avons eu que des déboires, et force a été d'abandonner la séduisante « simplicité » pour s'en remettre à un essai plus sérieux. La DCAé a autorisé deux de ses établissements, l'AIA de Clermont-Ferrand et le CEPr de Saclay, à construire un banc-balance permettant de vraies mesures. Dans le même temps, de notre côté, un bénévole nouvellement recruté, M. Jean-Claude Guyot, offrait ses talents pour restaurer complètement les quatre pales de l'hélice gauche, de façon qu'elles puissent supporter les efforts auxquels elles allaient être soumises.

Nous avons dû patienter jusqu'au



L'hélice gauche en place sur le banc-balance, dans la salle qui a servi aux essais de moteurs du Concorde, au CEPr.

mois de décembre 1988 pour obtenir les résultats fiables que nous attendions. En fournissant une traction de 48 dan (47 kilos) à 350 tr/mn, pour une puissance consommée de 5,9 ch, cette hélice montrait un rendement excellent. Les résultats acquis ont fait l'objet d'une communication à l'Académie de l'Air et de l'Espace, lors de sa séance du 27 janvier 1989.

Mais l'affaire la plus difficile a été l'étude de la voilure.

LA GRANDE INCONNUE : LA VOILURE

La première idée, caressée dès 1979, a été de passer l'Avion n° 3 dans la grande soufflerie de Chalais-Meudon, comme on l'avait fait pour l'étude des ailes libres, en 1976 et 1977. J'avais obtenu l'accord de principe du regretté Monsieur P. Contensou, alors directeur de l'ONERA ; et j'en ai discuté les possibilités d'exécution avec M. Erlich, responsable des souffleries. Il est malheureusement apparu assez vite que la veine elliptique de la chambre

d'expériences, de 18 m de large, était trop petite pour accueillir les 15,5 m d'envergure de l'appareil, si l'on voulait que les mesures soient significatives. Il était également difficile de reproduire « l'effet de sol ». Enfin, M. Erlich redoutait que la structure fragile, parce que très vieillie, de l'avion ne puisse résister aux efforts attendus. Pour toutes ces raisons cette solution fut écartée. Deux ans après, la soufflerie était définitivement mise hors service.

Il fallait prospecter d'autres voies.

Quand on veut évaluer les caractéristiques d'un nouvel avion, l'habitude est d'en construire une maquette de forme géométrique semblable, et à l'échelle exacte, pour faire des mesures en soufflerie.

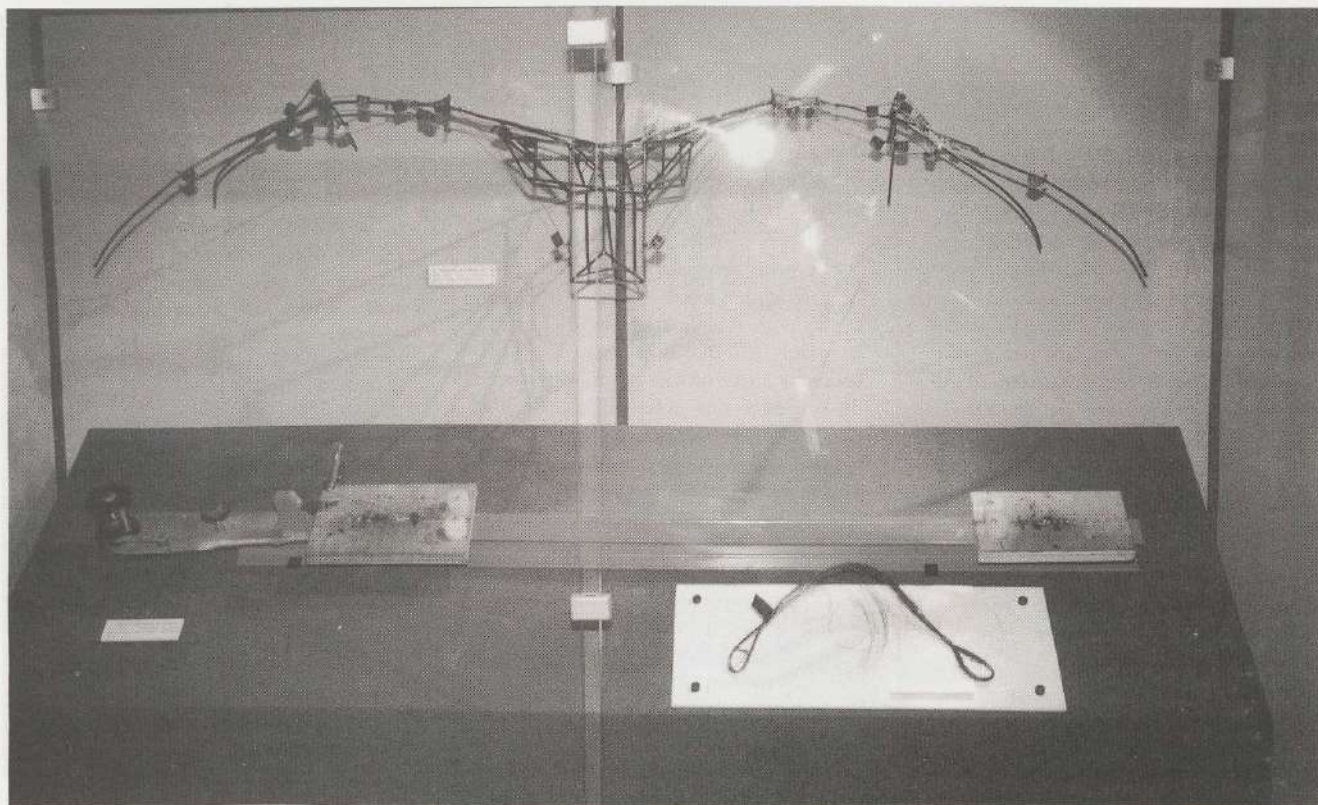
Malheureusement, s'agissant de l'Avion n° 3 à structure flexible et à voilure souple, personne ne peut dire quelle est la forme que prend cette aile en vol...

Il y a plus, Ader, a écrit que son aile est dotée du « profil universel » (en forme de spirale logarithmique, dont le dessin précis existe dans ses papiers). Comment pouvait-il obtenir

ce profil en vol par le simple jeu d'une voile souple tendue sur deux ou trois membrures en bois ? Cela me paraissait tellement extraordinaire que je voulais vérifier, en priorité, la conformité du résultat obtenu par rapport à l'ambition affichée. Car il est évident que la forme réelle du profil a une importance capitale pour le vol.

Dès 1981, je demandais son aide à M. Cl. La Burthe, à l'époque affecté à l'ONERA. Je savais qu'à ce poste, il avait été chargé d'étudier le comportement des ailes libres, très à la mode en France au milieu des années 1970, mais qui venaient de connaître une série d'accidents mortels.

C'est lui qui me conseille d'essayer en plein vent une demie-aile de l'Avion n° 3. Sous cette aile, on collerait des bandes reflectorissantes, disposées parallèlement à l'axe du fuselage de l'appareil, et distantes d'un mètre l'une de l'autre, tout au long de l'aile. Celle-ci serait fixée sur un bâti en tubes d'acier permettant de la présenter sous divers angles d'attaque. Pour une position donnée, et une vitesse du vent déterminée, on prendrait une photographie, appuyée



Outillage ayant servi à la fabrication des câbles. En haut : maquette de positionnement des câbles sur la structure. Au centre : métier de confection des câbles. A gauche : dévidoir à câble. En avant : un câble terminé (sans ses poulies).

d'un flash, à partir d'une caméra placée près du sol et visant le milieu de l'aile.

Sur les clichés qui ont été pris, les bandes matérialisant les profils apparaissent en blanc. Cela donne la forme des profils et la « loi de vrillage de l'aile ».

La construction du bâti d'essai ne posait pas de problème particulier. Le plus délicat était la fabrication de la voile.

L'étude des cahiers d'atelier, dans lesquels je m'étais plongé depuis un bon moment, montrait toute la complexité de la voile, qu'il fallait construire en forme sur un moule; celui-ci devant donc être fabriqué au préalable. De plus, chaque élément de la voile était constitué de panneaux cousus les uns aux autres: jusqu'à vingt-cinq pour la seule grande voile d'une dizaine de mètres carrés!

Je ne comprenais pas la raison d'une telle complication qui devait découler, me semblait-il, du souci d'imiter la nature au plus près. Puisqu'il ne s'agissait que d'un essai et pas encore de la restauration, je

décidai de me dispenser du moule, et de faire disposer la soie parallèlement à l'envergure...

Beaucoup de temps fut passé également à définir le type de soie à utiliser. Me basant sur un échantillon d'un cahier d'Ader, je confiai à M. Burg, réserviste de l'Armée de l'Air, qui offrait gratuitement la soie pour la voile, le soin de trouver le tissu le plus proche de celui du cahier d'échantillons. Tout cela demanda six mois.

Autre difficulté: qui ferait le travail de coupe et de couture? L'entoileur du musée était déjà très chargé, et très réticent à l'idée de travailler sur de la soie légère, difficile à manipuler. Je cherchais un spécialiste de la fabrication des voiles de bateau, qui me semblait le mieux placé pour s'attaquer à ce genre de travail. Finalement, en 1984, un voilier, très intéressé par notre opération, M. Chevalier, proposa ses services, que j'acceptai. Mais il avait ses propres idées qui le ramenaient aux bateaux... Il insistait, par exemple, sur l'intérêt des tissus en polyester enduit PVC qu'il connaissait bien. J'eus beaucoup de peine à lui imposer la

soie. Enfin, il se mit au travail, pendant que nous vérifions l'état de la structure de l'aile, qui exigeait quelques réparations. Nous avons même fait un essai statique pour détecter les points faibles et y remédier.

Tout fut prêt pour un premier essai au début de juillet 1985; il eut lieu à Beaumont, dans la presqu'île du Cotentin, quelques kilomètres au nord de Veauville, haut lieu du vol à voile des années 20 en France.

Nous avons eu beaucoup de succès auprès des journalistes locaux, étonnés de voir en pleine lande, une équipe de personnes, dont certaines d'âge respectable, s'agiter pour percer le mystère d'un avion vieux de près d'un siècle...

Moins gâtés par le vent qui, en huit jours, n'a jamais dépassé 5 m/s, nous avons tout de même pu ramener des photos et surtout acquérir une expérience des difficultés présentées par ce genre d'essai. Enfin, l'essai en girouette d'une maquette de l'Avion n° 3 de 5 m d'envergure, nous convainquit de l'efficacité du gouvernail de direction, et nous rendit

confiants dans la stabilité statique de l'appareil.

Mais c'est, après le retour, qu'en dépouillant les clichés et restituant les profils, je pris conscience de l'erreur qu'avait été ma « simplification » de la fabrication de la voile : le profil était bien creux, comme l'indique Ader, du moins dans sa première moitié vers le bord d'attaque ; mais à l'arrière et près du quatrième doigt, là où le tissu travaille *en biais*, une poche s'était formée provoquant une grande bosse à l'extrados dans la moitié proche du bord de fuite !

La communication que je fis de ces essais à l'Académie de l'Air et de l'Espace, à Toulouse le 20 septembre 1985, permit de prendre date et d'attirer l'attention des experts de cette société. Par la suite, j'ai toujours pu compter sur leurs conseils bienveillants.

Les enseignements tirés de ce premier essai furent essentiels : je compris l'absolue nécessité de tailler la voile et de l'assembler sur son moule ; et celle d'aligner le fil du tissu sur les lignes de tension de la voile ; ce qui expliquait la décomposition en panneaux multiples des différentes voiles. Les notes d'Ader, qui me paraissaient obscures, s'éclairaient grandement tout à coup. Bonne leçon d'humilité ! A partir de ce jour, il était clair pour moi qu'Ader n'avait rien laissé au hasard.

Par la suite, et jusqu'à la fin de la restauration, c'est bien souvent que, dans l'équipe, nous nous sommes posés des questions sans réponse immédiate ; mais alors, nous réservions prudemment nos jugements.

Chaque jour qui passait nous faisait mieux comprendre comment raisonnait Ader. Débarrassés de nos préjugés du début, nous sentions grandir notre estime pour cet homme exceptionnel qui, pour mettre tous les atouts de son côté, n'avait négligé aucun « détail », quel que soit le prix de la solution.

LE PROBLÈME DE LA SOIE

En octobre 1985, je partais pour un séjour d'un an aux États-Unis, confiant le travail en cours au général Simonet. Aussi passionné que moi, c'est lui qui a eu à construire le fameux « moule de voilure » indispen-

sable pour assurer le succès ; ce qui lui a posé bien des problèmes. Lui encore, qui a pu achever les essais du moteur. Nous n'avons pas cessé de correspondre par-dessus l'Atlantique, échangeant nos idées sur les multiples questions qui se posaient chaque jour, à propos des moteurs, de l'hélice ou de la voile.

Un nouveau problème se fit jour : la soie que j'avais adoptée ne semblait pas convenable. Le général Brossier qui commençait à s'intéresser à l'opération Ader, eut l'idée de prélever des échantillons de soie dans la voile originale – ce que je n'avais pas osé faire –, et à confier une étude de base au laboratoire des textiles du Commissariat de l'Air ; comme j'avais essayé de le faire auparavant avec le laboratoire du CNAM, mais sans succès. De mon côté, je commençais à soupçonner que la porosité du tissu pouvait jouer un rôle très important dans la stabilité de l'avion. Il me paraissait nécessaire de prendre en compte ce facteur ; mais comment la mesurer ?

J'écrivis à M. Rosenthal, l'aérodynamicien de notre équipe, pour lui demander de rechercher, dans la « littérature scientifique », si quelqu'un avait étudié ce problème. M. Rosenthal, ne trouva rien de tel, mais fut heureux de découvrir à l'ONERA, M. Papirnyk, probablement le seul au monde à avoir étudié la porosité des tissus de façon scientifique. Bien entendu, dès mon retour en France, en octobre 1986, je m'empressai de le rencontrer avec M. Rosenthal. Le « virus Ader » étant particulièrement contagieux, M. Papirnyk accepta de devenir le conseiller de notre équipe en ce domaine.

Par une deuxième heureuse coïncidence, le tissu de soie acheté par le général Brossier, se révélait très proche, pour sa porosité, du tissu Ader d'origine, sur l'appareil de mesure de l'ONERA. Or, à peu près au même moment, je découvris une note d'Ader très claire, où il exposait le procédé qu'il avait utilisé pour mesurer la porosité de la soie de l'Éole ! Nous eûmes vite fait de reproduire cette expérience avec la soie retenue : tout collait parfaitement. Nous étions donc assurés que ce nouveau tissu était équivalent à celui d'Ader, utilisé aussi bien sur l'Éole que sur l'Avion n° 3 (à la couleur près...).

LA DEUXIÈME VOILURE D'ESSAI

La décision fut vite prise d'adopter cette soie pour la fabrication d'une deuxième demi-aile d'essai.

Notre première expérience montrait que la voile d'Ader avait peu de points communs avec les voiles de bateau ; et que la manipulation de la soie, selon les procédés Ader, était plus proche de la haute couture que de la voilerie. Nous avons pu trouver une solution grâce à la compréhension du maître-tailleur de la base aérienne d'Évreux, M. Trarieux, qui accepta de confier ce travail à sa première couturière, M^{me} Thomas.

La nouvelle demi-voilure était prête pour une deuxième campagne, en juin 1987, prévue sur le même site que précédemment.

RÉSULTATS ACQUIS SUR LA VOILURE

Cette fois mieux préparée, l'expérience donna des résultats plus nets et plus complets. Malheureusement, si la météo a été belle, le vent n'a pas voulu souffler à plus de 6-7 m/s, au moment où notre installation était achevée.

L'exploitation des résultats confirmait que la voile prenait bien le profil Ader ; mais le creux était un peu plus important, ce qui montrait que la voile n'était pas assez tendue. De plus, nous avons été victimes de plusieurs petits incidents, dont la réparation sur place a contribué à limiter les périodes d'essais.

Nous avons ainsi acquis une certitude : l'aile d'Ader possédait bien le profil annoncé. La restitution des clichés utilisables, limités à un maximum de 6-7 m/s au lieu des 12-15 m/s indiqués par Ader, montrait le sens de la déformation de la voilure – vrillage et dièdre – comme prévu par Ader dans ses notes ; en particulier, la torsion de 5° du longeron de l'avant-bras, qu'il a calculée dans le cas du vol, semble tout à fait plausible pour une vitesse de 12 à 15 m/s, dans la mesure où la voilure conserve sa forme à ces vitesses, ce que nous ignorons encore.

Enfin, malgré les progrès réalisés depuis 1985, il était clair qu'on ne pourrait effectuer de vraies mesures



La demi-aile gauche, en cours d'installation à Beaumont (campagne 1987). La grande cloison verticale, à droite, assure la régularité de l'écoulement selon une direction parallèle à l'axe du fuselage.

en plein air que par des enregistrements en continu et grâce à un appareillage approprié. Ajoutons que M.M. R. Marchal, O. Papirnyk et L. Rosenthal ont assisté aux essais.

Une communication des résultats obtenus a été présentée, le 20 novembre 1987, à l'Académie de l'Air et de l'Espace, déçue que nous n'ayons pas pu atteindre tous les objectifs prévus, mais vivement intéressée par la preuve qui a pu être faite de l'obtention du profil Ader. Pour nous, cette marque d'intérêt de la part de personnalités particulièrement compétentes, comme le regretté M. Malavard, également membre de l'Académie des Sciences, et M. Poisson-Quinton, entre autres, était très encourageante.

PAUSE DE RÉFLEXION

Cependant, de retour à l'atelier, en accord avec le général Simonet, je décide de rechercher l'explication des légères différences, constatées sur les clichés, avec le profil Ader : d'où provenait le manque de tension ? Je fis remonter, dans le hall

de Meudon, le bâti d'essai équipé de la deuxième demie-voilure, et pendant six mois, à nous deux, nous avons repris toute l'étude de la voilure, à partir des notes et cahiers d'Ader. Tout a été passé en revue. Nous avons pu ainsi détecter toutes les petites erreurs commises dans l'épinglage des tissus, la position des membrures dans le moule, etc. qui, additionnées, expliquaient parfaitement les différences. Il s'agissait essentiellement d'un manque de rigueur dans les détails les plus infimes.

Par exemple, le simple fait de placer les bandes de boutonnères sur les membrures, « le bouton au milieu de la boutonnrière », au lieu de « bouton en appui au fond de la boutonnrière » – soit 2 mm de tissu en plus de chaque côté de la voile – entraîne en vol un manque de tension qui « épaissit » le profil d'au moins 1 % de la corde, soit 3 à 4 cm ! Nous n'avions pas prêté assez d'attention à des faits aussi minimes... en apparence. De tels écarts sur une toile d'aile classique sont en effet, facilement résorbés par l'enduit de tension. Pour l'aile d'Ader, il en va tout autrement.

Cette période de réflexion prolongée m'a amené à réviser totalement la méthode envisagée à l'origine (dès 1982). L'idée de photographier les profils tout le long de l'envergure en vue de construire une (ou plusieurs ?) maquette à passer en soufflerie pour mesurer les C_x , C_z et C_m , m'apparaissait longue à aboutir. Le plus grave était qu'elle ne tient pas compte de la porosité, puisque la maquette était prévue avec une surface d'aile étanche ; et si l'on songeait à utiliser du tissu poreux, on tomberait dans des difficultés encore plus grandes. Elle ne tenait, également pas compte de la flexibilité de la structure, voulue par Ader, et dont M. La Burthe pensait qu'elle pouvait entraîner des déplacements transversaux du centre de poussée ! Il était de plus en plus clair que l'essai d'une maquette en soufflerie, envisagé au début, serait toujours très contestable.

D'un autre côté, le temps passait et le centenaire du premier décollage approchait à présent à grands pas. En 1988, il était temps de s'attaquer à l'achèvement de la restauration et, en particulier, de la voilure ; or, à l'évidence, il fallait refaire tout le marou-



Ombres chinoises, à contre-jour du soleil, à Beaumont. La voilure est partiellement en place sur la structure de l'aile, tenue sur le bâti d'essais. L'ensemble est entouré d'un pare-vent en toile translucide. Le personnel, juché sur des échelles s'active au boutonnage.

flage de l'aile et fabriquer une voilure complète définitive, qu'à présent on saurait construire correctement, enfin ! On allait donc disposer ainsi d'une voilure identique à celle d'Ader, et utilisant le maximum d'éléments d'origine. Pourquoi alors se priver de la monter sur un bâti d'essai spécial, muni d'une balance aérodynamique pour mesurer directement les paramètres aérodynamiques après lesquels nous courions depuis 10 ans ? Cette solution résoudrait globalement tous les problèmes de similitude : géométrie, élasticité, porosité, à l'échelle 1:1. Les résultats qu'on obtiendrait ainsi seraient difficilement contestables.

OU L'ON CHANGE SON FUSIL D'ÉPAULE

Tout le monde est tombé rapidement d'accord sur l'intérêt de ce projet, aussi bien du côté des conseillers compétents, en particulier M. La Burthe, que de celui du Directeur des Constructions Aéronautiques et celui du Musée de l'Air et de l'Espace. J'avais obtenu le concours actif de certains membres de l'ONERA, qui s'engageaient à équiper notre bâti pour les mesures à enregistrer, et pour le dépouillement.

Le général Brossier ne me refusait pas le concours supplémentaire, à temps partiel, de M. Giraud pour établir les dessins précis des membrures de l'aile, de M. Vitrotto pour dresser les plans et calculer les éléments du nouveau bâti d'essai de la voilure complète ; ainsi que des moyens du musée pour réaliser ce bâti.

De mon côté, je consultais M. Blanc, chef du laboratoire des bois et plastiques du CEPr, qui sur place venait examiner les structures de l'aile. Il me conseille vivement de remplacer le marouflage en soie et à la colle d'os par la fibre de verre et l'époxy ; à condition de diviser par trois le nombre de couches de tissu, de façon à obtenir la même élasticité et la même résistance. Nous serions ainsi assurés de retrouver la solidité d'origine de cette structure. De plus, en remplaçant des matériaux organiques par des matériaux inertes, nous devions obtenir une bien meilleure garantie de conservation. Ce dernier argument m'a paru important, car, à présent que l'on connaît bien le volume de travail exigé par une restauration, on est tenté de croire qu'on n'est pas près d'en reprendre une nouvelle de sitôt...

Faute de spécialiste des matériaux composites au musée, il me restait à

trouver une personne qualifiée. M. Jean-Claude Guyot, bénévole qui s'était déjà chargé de restaurer les pales d'hélice destinées aux essais, accepta de refaire le marouflage de toutes les structures ; étant entendu que le démarouflage et la mise à nu des bois serait faits par l'équipe du musée — M.M. Simon et Vollet — affectés à plein temps à la restauration de l'Avion n° 3 depuis 1988.

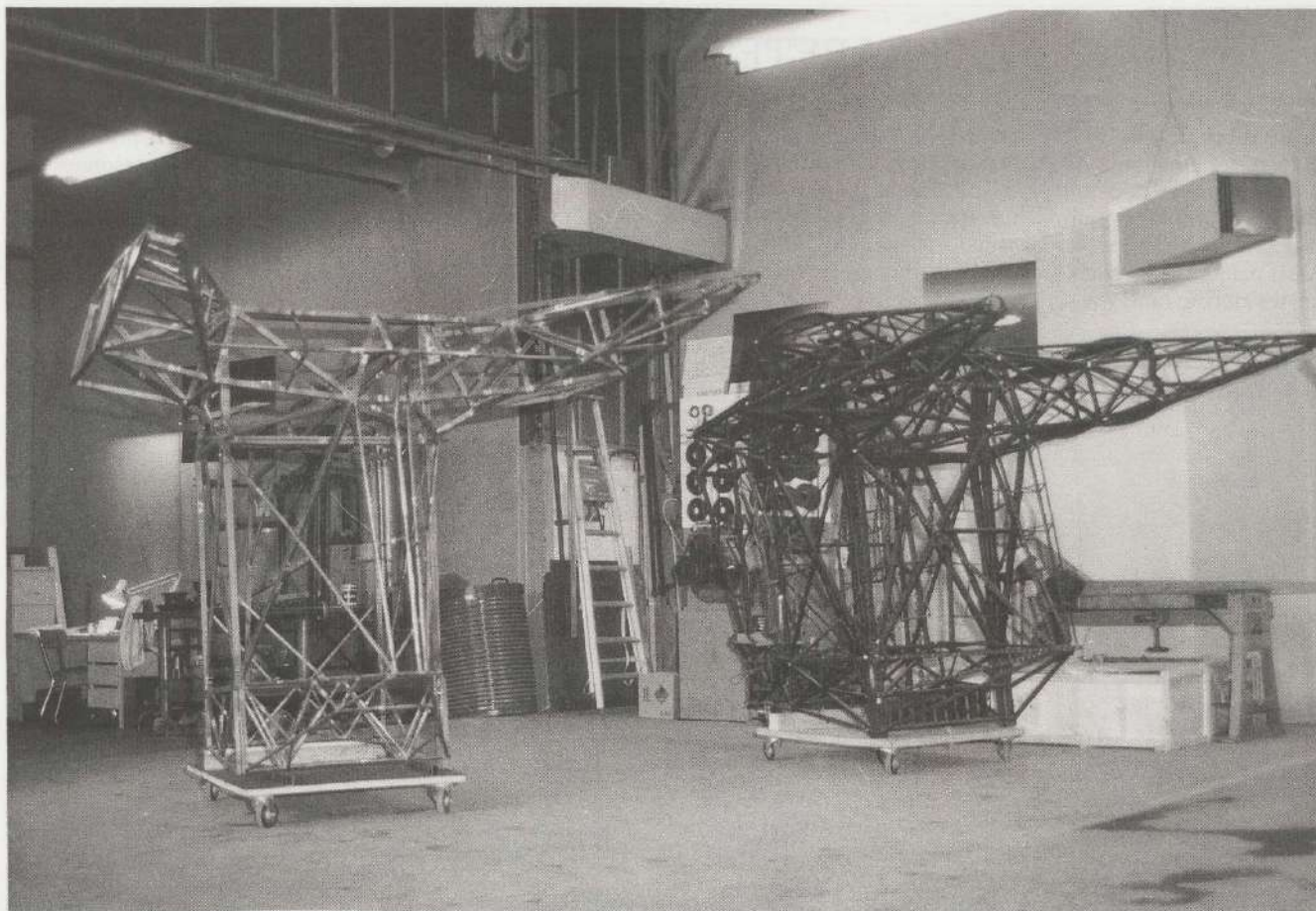
Ceux de nos lecteurs qui ont visité l'exposition Ader organisée au Bourget par le Musée de l'Air, ont pu y voir quelques-uns des outillages qui ont dû être réalisés pour la restauration ; le bâti d'essais aérodynamiques était également exposé.

Nous avions pensé être prêts pour exécuter le dernier essai en 1989, juste avant l'exposition Ader. Malheureusement, pour de multiples raisons qu'il serait trop long d'exposer ici, cela n'a pas été possible. Nous avons dû interrompre la préparation de l'essai, qui était très avancée, pour assurer la réussite de l'exposition.

L'entouleur du musée, M. Sperdutti, a joint ses efforts à ceux de M^{me} Thomas pour ajuster sur le moule de voilure, en place à Meudon, les voiles préparées à Evreux ; ce qui n'était pas simple... Un très important travail, sur le GMP et les derniers détails, a été réalisé par une grande partie de l'ensemble des ouvriers du musée : un vrai sprint final !

La restauration a pu ainsi être terminée, et même au-delà de ce qui avait été initialement prévu, puisque, en 1989, il n'avait été envisagé d'achever pour 1990 que la cellule ; la restauration du groupe moteur ne devant intervenir qu'un an ou deux plus tard.

Malgré toutes les aides extérieures et les sous-traitances qui ont pu être utilisées, les moyens propres du musée ne pouvaient évidemment pas suffire pour exécuter en deux ans tout ce qui était prévu pour trois ou quatre. Encore n'est-on parvenu à tenir la date de l'exposition que parce que nous avons pu trouver quelqu'un, M. Nénot, qui a accepté de consacrer toutes ses vacances de l'été 1989 à l'habillage en soie du fuselage. Je ne puis faire moins, ici, que de souligner l'exceptionnelle qualité du travail de M. Nénot, aussi bonne que celle des collaborateurs d'Ader.



Le bâti d'essais aérodynamiques, à gauche, à côté du bâti original qui sert de modèle pour les formes extérieures.

CONCLUSION

Malgré la longueur de cet article, nos lecteurs seront peut-être déçus par le peu que je dis sur la restauration proprement dite : c'est qu'il faudrait y consacrer un livre ! C'est aussi parce qu'il ne peut y avoir de bonne restauration que si l'on a une bonne connaissance de l'objet à traiter. Or, la particularité du cas présenté ici est précisément que personne n'avait la moindre idée ni de la technologie de cette machine ni, a fortiori, de son fonctionnement.

Il a donc fallu que les gens chargés de ce travail s'instruisent sur le tas et se débrouillent tout seuls. Le préjugé défavorable qui régnait en 1978 sur les idées d'Ader, n'a pas manqué de se répercuter, au début, sur l'esprit de l'équipe qui travaillait au musée.

Loin de nuire à la restauration, le fait de privilégier l'étude a beaucoup fait pour parvenir à la compréhension de la démarche d'Ader et de sa manière de raisonner, si particulière.

Il était inévitable que des erreurs soient commises et que de nombreux tâtonnements aient allongé la durée des travaux. Du moins est-on parvenu au terme d'une opération d'une complexité inhabituelle.

Les résultats acquis sont très positifs. L'appareil restauré n'est-il pas plus crédible que la machine noire et poussiéreuse que l'on a trop longtemps connue ?

Mais l'essentiel réside sans doute dans la masse de connaissances qu'on a pu dégager de tous ces travaux. A partir d'aujourd'hui, il ne sera plus permis de dire ou d'écrire n'importe quoi à propos de cet avion. Nous disposons enfin de plans précis ; nous avons des données exactes sur la puissance, le rendement d'hélice, la voilure. Les essais qui ont été conduits à l'occasion de cette étude sont déjà suffisants pour assurer qu'aucun avion contemporain ne présenterait autant de caractéristiques favorables au vol. Seul le dernier essai prévu pourrait permettre d'aller plus loin dans la connaissance de ses possibilités et de ses limitations.

C'est donc un très grand pas qui a été franchi.

Les choses n'étaient pas si faciles en 1978, lorsque nous nous sommes trouvés, tout nus, devant cet avion si étrange et si mal connu... Mais ce qui nous a toujours aidés à poursuivre malgré les difficultés de tous ordres, ce sont les aides multiples, et presque toujours désintéressées, que nous avons reçues de toutes les personnes que nous avons sollicitées.

Notre action a suscité la curiosité, parfois l'amusement, mais le plus souvent la sympathie et l'intérêt même, et peut-être surtout, de la part de certains des plus grands experts français des sciences aéronautiques, mieux placés sans doute pour comprendre le but que nous poursuivions.

Pour ma part, j'ose espérer qu'on m'accordera l'indulgence pour les erreurs que j'avoue. Quoiqu'il en soit, je suis sûr qu'à présent on comprendra mieux pourquoi tout cela a été si long.

Pierre Lissarrague.