



Vue aérienne du site de Chalais-Meudon.

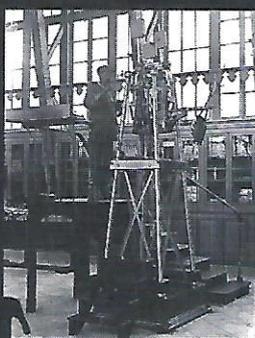


Sortie d'un ballon du hangar Y pour une compagnie d'aérostats en 1880.

Bâtiment Ak construit en 1898, monument historique.

La grande soufflerie

Deux siècles d'envols



Des premiers aérostats aux avions supersoniques et transsoniques, la grande soufflerie de Chalais-Meudon, dans les Hauts-de-Seine, accompagne toutes les étapes de la conquête de l'air. Depuis 2000, elle est classée "Monument historique".

Au sud-ouest de Paris, tout près d'Issy-les-Moulineaux, haut lieu de mémoire cher au cœur des aviateurs, entourés d'un parc aux arbres séculaires, hangars inspirés du style Eiffel et bâtiments modernes se côtoient. C'est ici qu'en 1793, le Comité de salut public avait installé son centre de recherche sur les aérostats. Si les progrès techniques lui imposent une permanente adaptation, la vocation initiale du site demeure : le pôle technologique d'aujourd'hui, au service de la recherche aéronautique et spatiale, s'inscrit dans une démarche semblable. Avant la construction, en 1932, de la "grande soufflerie S1Ch", on y voit se dérouler les grands événements qui accompagnent la réalisation du plus vieux rêve de l'humanité : voler.

♦ Au temps des aérostats

Près d'un siècle après l'envol des premiers ballons gonflés à l'air chaud, le capitaine du génie Charles Renard (1847-1905) prend la direction de l'Etablissement central de l'aérostation militaire. Homme de science et précurseur audacieux, il veut faire progresser la navigation aérienne dont le point faible est, à l'époque, la dirigeabilité des appareils. Avec son adjoint, Arthur Krebs, il réalise

un dirigeable de 1 864 m³ en forme de fuseau, manœuvré par un gouvernail et propulsé par une hélice, qu'il baptise "La France". Le 9 août 1884, les deux hommes partent du hangar Y, qu'on peut encore voir, pour effectuer jusqu'à Villacoublay le premier voyage en circuit fermé à une vitesse de 19,8 km/h. En 1896, afin d'expérimenter ses travaux, il construit une "soufflerie" : un ventilateur soufflant de l'air dans une conduite. Puis en 1904, il demande à Ferdinand Ferber (1862-1909) de venir poursuivre au centre de Meudon ses recherches sur les planeurs et aéroplanes qu'il mène depuis quatre ans. Ce dernier procède à une expérience où un planeur, installé sur un fil tendu comme rampe de lancement, se trouve, une fois arrivé au bout du fil, placé dans des conditions optimales de vitesse qui lui permettent de voler sur 50 à 100 m. En 1909, c'est Gustave Eiffel, qui, au pied de sa Tour, donne un coup d'envoi aux futures souffleries subsoniques : l'avenir est au plus lourd que l'air et, l'année suivante, l'Etablissement central du matériel aéronautique et du laboratoire d'aéronautique militaire s'installe à Meudon.

En 1914, le lieutenant aérostatier Albert Caquot (1881-1976) construit la "saucisse", ballon captif fuselé et équipé de stabilisateurs arrière capables de tenir l'air par des vents



Avion Morane-Saulnier 315 dans la soufflerie S1 en 1936.

Le diffuseur central en forme d'ellipse, le 5 septembre 1933.

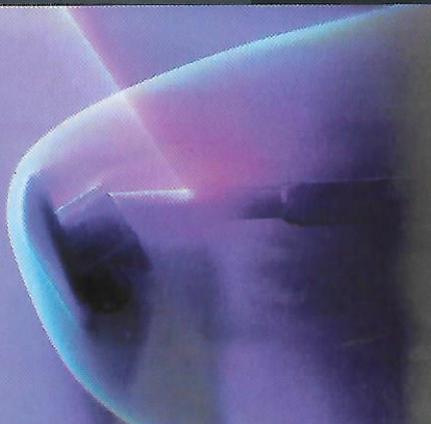
ierie de Meudon

de 90 km/h. Ce "ballon Caquot", fabriqué dans les ateliers pour toutes les armées alliées pendant la Première Guerre mondiale, place la France au premier rang en matière d'observation aérienne. Mais les ballons présentent aussi des inconvénients : lents, peu résistants à la force du vent, ils sont aussi vulnérables en temps de guerre. Afin de permettre aux aéroliers d'échapper à la mort dans les combats aériens, le parachute est mis au point et expérimenté sur le site dès 1915. C'est ensuite la station d'essais de moteurs qui vient s'établir à Chalais-Meudon. Le bâtiment Ak, petit bijou d'architecture construit en 1898 et aujourd'hui inscrit à l'Inventaire supplémentaire des monuments historiques, a abrité nombre de ces activités.

♦ S1Ch, la première grande soufflerie

A la suite de la Grande Guerre, l'aviation apparaît incontestablement comme la première conquête technologique du XX^e siècle. Bientôt, la recherche d'altitude, de vitesse, de qualité de vol rend les progrès de l'aéronautique indissociables de ceux de l'aérodynamique. Pour étudier l'action d'un écoulement d'air, de vitesse, et de caractéristiques connues, il devient nécessaire de disposer de moyens d'essais adaptés. Pour répondre à ce besoin, les souffleries qui reproduisent artificiellement les conditions rencontrées en vol sont créées.

Retour d'échantillons martiens. Visualisation par fluorescence d'un faisceau d'électrons à R5Ch, de l'écoulement autour d'une capsule lors de sa rentrée dans l'atmosphère martienne.



Dès 1929, Albert Caquot, alors directeur technique au ministère de l'Air, envisage de créer en France une soufflerie aérodynamique pour l'essai d'avions en grandeur réelle. C'est à Meudon que la grande soufflerie S1Ch sera construite de 1932 à 1934 sous la direction de l'ingénieur en chef Lapresle. L'artisan de ce vaste chantier, la Société anonyme des entreprises Limousin, recherchant avant tout l'homogénéité et la simplicité, exécute un ouvrage aux dimensions impressionnantes : recouvert d'un voile de béton armé – le premier au monde –, le bâtiment nécessite 7 000 m³ de béton, 700 tonnes de fer, 1 000 m³ de bois, et l'établissement de 566 plans d'exécution... Grâce à la taille de sa veine d'essai, S1Ch permet d'expérimenter des avions réels de 12 m d'envergure, avec moteur tournant et pilote à bord. L'écoulement de l'air par aspiration peut y atteindre jusqu'à 180 km/h. Jusque dans les années 1970, ce sont surtout des avions – dont la Caravelle et le Concorde – qui sont testés ici ; mais des voitures (la 4 CV et la Coccinelle), des trains, des éléments architecturaux y sont aussi mis au point ou améliorés. Par son élégance et son originalité, cette soufflerie est devenue l'un des fleurons du patrimoine industriel aéronautique. Vers la fin de la décennie, devenue trop bruyante, elle cessera d'être utilisée.

♦ L'aérodynamique des temps modernes

Pendant la Seconde Guerre Mondiale, le site est occupé par les Allemands, tandis que le perfectionnement des avions et engins tactiques fait à nouveau ressentir la nécessité de développer les souffleries. En 1946, l'Onera (Office national d'études et de recherches aéronautiques) est créé. Deux ans plus tard, afin de simuler les écoulements compris entre Mach 0,8 et Mach 1,2, la soufflerie sonique S3Ch est construite, réplique au 1/8^e de celle de Modane-Avrieux en Savoie, alors en chantier. Utilisée pour des études d'interaction voilure-nacelle, d'arrière-corps d'avion, ou de prise d'air, elle participe au développement d'appareils évoluant dans cette gamme de vitesse. Elle sera modernisée de 1988 à 1992.

Plusieurs générations d'appareils se succèdent pour être testés à Chalais-Meudon.



Pour être fiable, un essai doit respecter les paramètres de similitude géométrique et aérodynamique entre la maquette testée et l'engin réel. C'est-à-dire qu'il doit reproduire le même nombre de Mach et de Reynolds qu'en vol. De plus, avant d'effectuer un essai, il faut procéder à des corrections d'effets de supports et de paroi, car, dans la réalité, l'avion évolue librement dans un milieu qui n'est pas limité. Les souffleries doivent s'adapter constamment aux appareils de plus en plus perfectionnés et rapides. En 1950, l'installation du Laboratoire de mécanique des fluides permet d'étudier les premiers dispositifs transsoniques.

Plusieurs générations d'appareils se succèdent désormais pour être testés à Chalais-Meudon. Parmi les plus familiers figurent le supersonique commercial Concorde, le Dauphin d'Eurocopter et le très gros porteur A380, "paquebot du ciel" dont l'Onera travaille – entre autres objectifs – à réduire la "pollution aérodynamique" provoquée par les "turbulences de sillage". On y étudie aussi les moyens de diminuer les différentes nuisances causées par les engins volants d'aujourd'hui : pollution sonore, chimique...

◆ Du supersonique à l'hypersonique

C'est dans un ancien hangar à dirigeables que la soufflerie supersonique (de Mach 1,2 à Mach 5) S5Ch prend sa place. Le passage du mur du son y est simulé pour la première fois en France sur une maquette du Mystère II, en 1953. Six ans plus tard, c'est le début de l'hypersonique (de Mach 5 à Mach 10) : pour répondre aux besoins de la

défense dans l'industrie et mieux comprendre les phénomènes survenant à ces vitesses, trois souffleries à rafales voient le jour à Meudon-Chalais (R1Ch, R2Ch et R3Ch). La rafale, qui dure de dix à soixante secondes, est provoquée par la mise en présence d'air fortement comprimé, à l'amont de la veine d'essai, et d'une forte dépression créée par le vide enfermé dans une énorme sphère à l'aval. Afin de permettre cet écoulement à grande vitesse, les dimensions de la veine d'essai sont réduites et la pression est augmentée pour compenser la petite taille des maquettes.

Avec R5Ch (soufflerie hypersonique basse densité) mise en service en 1989, ces souffleries sont utilisées pour l'étude des missiles balistiques et des engins spatiaux. L'Onera y mène des recherches en vue de l'amélioration des lanceurs d'Ariane et, référence mondiale, il a été choisi par la NASA pour sa mission "retour d'échantillons spatiaux".

◆ Le règne des merveilleuses maquettes

Pour obtenir des essais fiables et suffisamment représentatifs, un élément, qui contraste avec le gigantisme des aéronefs et des espaces célestes, est essentiel : la qualité des maquettes. Loin d'être de simples détails, leur conception et leur réalisation qui doivent les rendre parfaitement conformes à la réalité sont déterminantes. D'une taille adaptée à la capacité de la soufflerie où elle sera testée, chacune d'elles fait l'objet d'un travail minutieux : l'emplacement des instruments de mesure et l'installation sur son support fixe sont prévus dès l'origine. Dans une gaine de 1 mm de diamètre, plusieurs câbles minuscules doivent être placés et identifiés, leur fonctionnement doit être vérifié... ce qui constitue une autre prouesse technologique si l'on songe qu'une maquette peut être équipée d'une centaine de prises de mesures. Et au final, l'état de surface de ce merveilleux "joujou" devra être irréprochable !

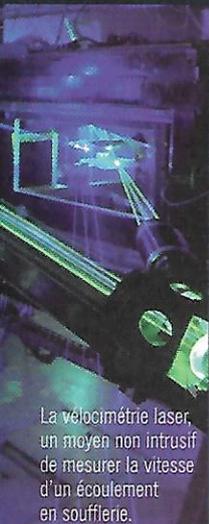
Dans cet univers miniaturisé, fidèle réplique d'un monde immense et peuplé d'engins aériens, c'est tout l'art de calculer, de mesurer, de mettre au point, de perfectionner, qui continue de relever les défis du ciel. A l'ordre du jour : l'aérocapture, reposant sur une nouvelle méthode de freinage atmosphérique aux abords de la planète rouge. C'est l'heure d'une autre grande aventure. Sur Mars, cette fois.

Elizabeth Mismes-Thomas
Photos : © Onera

Le nombre de Reynolds

Il caractérise la façon dont l'air s'écoule sur un avion en vol. Il dépend de la vitesse du fluide, de sa viscosité, de sa densité et de la taille de l'objet. Quand il est faible, l'écoulement est laminaire ; sinon, il est turbulent. On appelle "zone de transition", le passage du régime laminaire au régime turbulent. L'objectif de certains essais en soufflerie vise à retarder l'apparition de cette transition.

Avec une maquette, on souhaite se rapprocher du nombre de Reynolds de l'avion à une vitesse donnée. En réduisant la taille de la maquette et en augmentant la pression dans les mêmes proportions, on conserve le même nombre de Reynolds. L'essai obtenu en soufflerie est d'autant plus représentatif que le nombre de Reynolds est proche de la réalité.



La vélocimétrie laser, un moyen non intrusif de mesurer la vitesse d'un écoulement en soufflerie.