

Zeitschrift: Tracés : bulletin technique de la Suisse romande
Herausgeber: Société suisse des ingénieurs et des architectes
Band: 128 (2002)
Heft: 04

Artikel: L'envol au bout du tunnel
Autor: Kaestli, Françoise
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-80262>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 04.05.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

L'envol au bout du tunnel

Anticipant l'engouement de notre époque pour la vitesse, le laboratoire d'aérotechnique de l'Ecole d'Ingénieurs de Genève s'est lancé le défi d'accompagner la préparation de sportifs dans tous les aspects qui touchent à l'aérodynamique. Dans l'air soufflé de ses veines de mesure, skieurs, lugeurs ou bobeurs simulent leur entraînement sur piste à moindres risques, avec un appareillage qui réagit au doigt et « presque » à l'œil. Le moindre changement de position ou de forme se répercute immédiatement sur les paramètres aérodynamiques et les résultats s'affichent en temps réel. Avec l'enthousiasme insufflé par un directeur ouvert depuis longtemps à la collaboration industrielle, le laboratoire doit son succès au hasard d'un déménagement qui l'a amené, il y a plus de dix ans, des murs étriqués d'un atelier aux espaces mystérieux et amples d'un ancien tunnel, initialement destiné à accueillir une voie de chemin de fer liée à la construction du pont Butin. Cette « cathédrale souterraine » offrait l'espace nécessaire à la réalisation de projets à priori hors de portée d'une école d'ingénieurs et une magnifique soufflerie y a été construite, avec l'aide de chômeurs. Au fil du temps, les mandats ont considérablement évolué: si les préoccupations liées à la climatisation ou au comportement aérodynamique de bâtiments étaient fréquentes il y a quelques années encore, le laboratoire d'aérotechnique s'est aujourd'hui taillé une place de choix dans le domaine de l'aérodynamique appliquée au sport.

Un laboratoire original et créatif

Le développement du laboratoire d'aérotechnique est étroitement lié à la passion d'un ingénieur, Michel Perraudin, pour l'aéronautique et la balistique. Les moyens mis à sa disposition sont faibles, pour la partie expérimentale surtout; ils permettent tout au plus d'acquérir des équipements techniques spécifiques, mais ne suffisent pas à faire tourner une équipe. Le directeur du laboratoire se bat donc pour décro-

cher des projets cofinancés par la « Commission de la Technologie et de l'Innovation » ou la HES-SO ou, encore, pour trouver d'autres mandats auprès de l'industrie. Heureusement la créativité des solutions trouvées et l'enthousiasme généré par les projets « un peu fous » qui lui sont proposés compensent le manque de retour financier. La petite équipe du laboratoire est ainsi largement mise à contribution et les étudiants y effectuent des projets de semestre ou de fin d'études dans un environnement très motivant.

Dans son espace sous le pont Butin, le laboratoire a pu s'installer sans craindre de provoquer des nuisances sonores pour les autres instituts de l'école. Plusieurs souffleries y sont désormais en fonction, avec les équipements de mesure adéquats: supersoniques, elles servent à des essais de projectiles ou de profils; subsoniques, elles simulent les conditions rencontrées par un mobile se déplaçant à des vitesses pouvant atteindre les 250 km/h.

Souffleries horizontales et verticales

La première halle, à l'entrée du tunnel, héberge une soufflerie supersonique pouvant fonctionner à des nombres de Mach allant de 1.4 à 3.5 (4000 km/h), soit plus de dix fois la vitesse de nos voitures les plus rapides. L'installation repose sur un dispositif où vingt mètres cubes d'air sont comprimés à 16 bars (soit à peu près six fois la pression régnant dans un pneu de voiture), puis déchargés en moins d'une minute à travers un système de régulation suivi d'une veine de mesure.

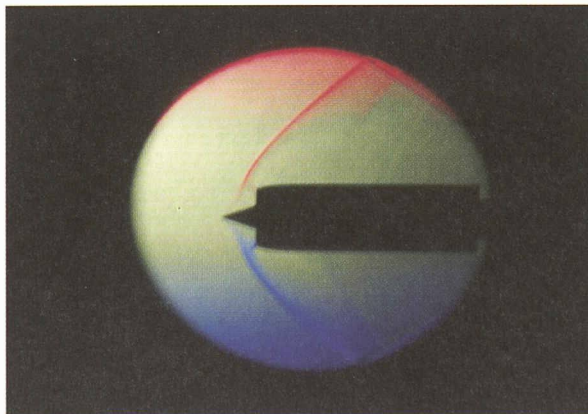




Fig. 2 : Au premier plan, la soufflerie verticale ; derrière, une soufflerie Eiffel (Photo EIG)

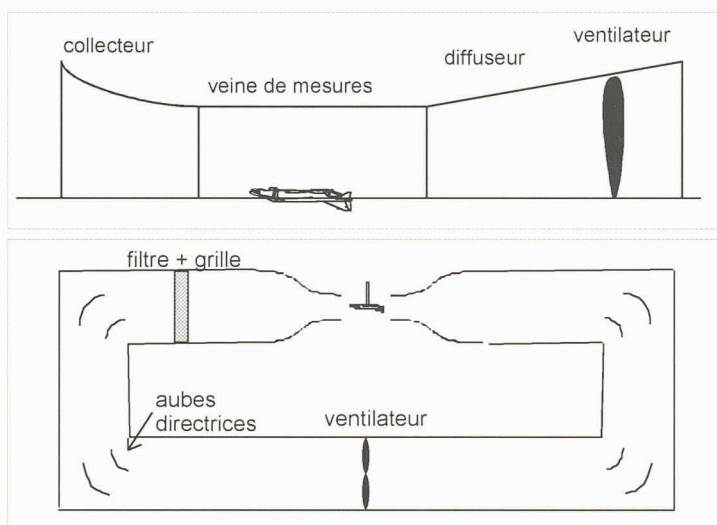
Fig. 3 : Schéma des deux types de soufflerie : en haut, celle de type Eiffel, en bas, système Göttingen (ou à retour guidé) (Photo EIG)

Fig. 4 et 5 : Tests de l'aérodynamisme de véhicules, resp. l'Eco-mobile et un ski-bob (Photo EIG)

Fig. 6 : Skieur s'entraînant pour le record du kilomètre lancé (Photo EIG)

Fig. 7 : Correction des formes avec de la pâte à modeler (Photo EIG)

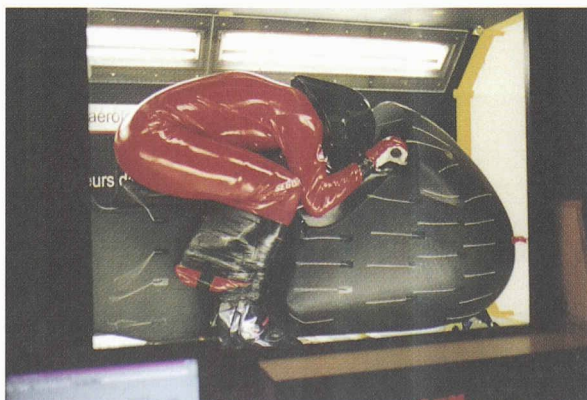
Fig. 8 : Test d'un nouvel avion, le Smart Fish (Photo EIG)



3



4



5

Petit bijou destiné à l'étude des traînées sur des maquettes à échelle réduite, la soufflerie supersonique procure un banc d'essais apprécié des ingénieurs. Avec des moyens simples et astucieux, basés sur la différence d'indice de réfraction liée aux variations de pression dans l'air, les ondes de choc sont visualisées (fig. 1). Les mesures de pression sont effectuées le long du parcours de l'air.

La même halle (fig. 2) abrite encore une plus grande soufflerie subsonique. Conçue pour des vitesses allant jusqu'à 140 m/s (env. 500 km/h), elle est surtout utilisée pour des essais spéciaux, des essais de climatisation et de ventilation d'immeubles. La veine ouverte d'environ 1,5 mètre de diamètre se présente sous forme d'un long cône dont le rétrécissement provoque une accélération de l'air qui la parcourt. Elle permet non seulement des mesures, mais aussi la visualisation de l'écoulement grâce à des systèmes simples comme des brins de laine accrochés à un profil qui oscillent au gré de l'écoulement d'air ou de fumée. Une troisième installation, verticale celle-là, a été construite dans le but d'étudier l'aérodynamisme de sacs de parachutage (voir ci-après).

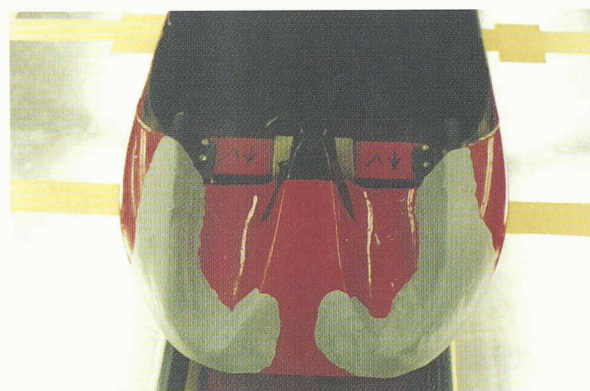
Installations polyvalentes

Tout autre est l'ambiance dans la halle suivante, de 55 mètres de long, occupée par la dernière soufflerie. Celle-ci présente la particularité d'être à retour, c'est-à-dire que les flux circulants sont récupérés dans un large couloir et réinjectés (fig 3). Il est impossible de pénétrer dans cet antre sans perturber les mesures. Au cœur de la veine, un enfant peut se tenir debout. Nombre de sportifs s'y sont déjà engouffrés pour des tests aérodynamiques. Propulsé par quatre grands ventilateurs, l'air y circule à 70 m/s, soit près de 250 km/h, et l'installation en forme d'entonnoir permet même une accélération du flux en fin de parcours. Y sont mesurées des vitesses affichées en temps réel à même le sol, des forces dans trois directions et des moments, grâce aux balances installées sous les points de fixation de la maquette. La visualisation de l'écoulement se fait grâce à un laser qui éclaire des fumées ou des fils mus par l'écoulement (fig. 4 et 5). Pour un skieur qui souhaite contrôler l'impact d'un changement de position, le dispositif est idéal, car il suit instantanément l'évolution de ses performances.

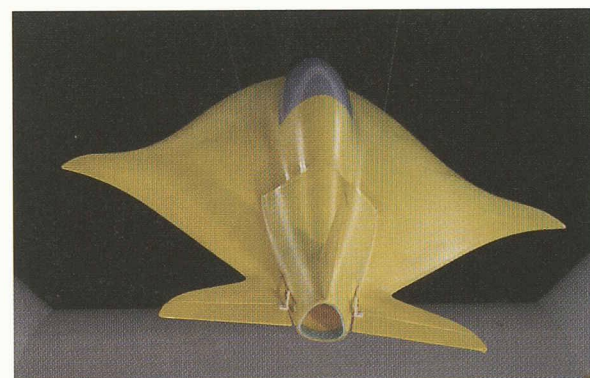
Parmi les mandats récents, citons des essais pour les skieurs des équipes suisses et françaises du kilomètre lancé



6



7



8

CENTRE DE COMPÉTENCES ENERGIES DE LA HES-SO

Le centre de compétences Energies propose une large palette pluridisciplinaire de compétences dans les domaines thermique, électrique et environnemental, les disciplines aérotechniques et hydrauliques s'inscrivant dans ce contexte. Dans le cadre de son offre de prestations aux industries, il met à disposition des équipements d'essai souvent trop lourds pour être installés dans des entreprises privées. Les activités du laboratoire affichent une diversité impressionnante: de stand de mesure pour des problèmes relevant de la physique appliquée au bâtiment ou de questions environnementales ou de l'aérodynamique classique, il peut se muer en installation aux allures futuristes quand il s'agit de tester des ailes destinées au «skysurfing» ou d'améliorer les performances d'un avion aux allures futuristes (fig. 8).

Destiné aux étudiants de dernière année, le laboratoire du professeur Perraudin est unique au sein de la HES-SO, et même au niveau des HES suisses on ne retrouve pas d'installations semblables.

(fig. 6), des tests du ski-bob le plus rapide au monde, le contrôle de l'aérodynamisme d'une «éco-mobile» - voiture extrêmement légère qui a l'ambition de parcourir plus de 3000 km avec un litre d'essence -, ou les essais de portance sur la combinaison de divers hommes-oiseaux, Icares de notre époque. Récemment, pour leur préparation en vue de Salt Lake City, les lugeurs de l'équipe de France ont testé leur engin, réalisant un gain de traînée appréciable. Ajoutons que lorsqu'ils impliquent des maquettes humaines, les essais posent en outre de nombreux problèmes de sécurité, qu'il s'agit de bien maîtriser. Un projet récent s'attache quant à lui à mesurer le frottement généré par différents tissus: pour ce faire, des échantillons sont à tour de rôle installés dans la soufflerie, et les forces résultant de l'écoulement de l'air à leur surface sont mesurées à des vitesses différentes, pour une température, une hygrométrie et une pression fixes, afin de traquer les comportements de chacun.

De plus, l'installation demeure modulable, la configuration des veines change au gré des projets et chaque nouvel essai demande une période de développement.

Enfin, une dernière soufflerie subsonique, de petite taille, sert au calibrage des instruments de mesure: elle permet des vitesses de 80 m/s et la zone de travail offre un espace réduit à quelques dizaines de centimètres carrés.

Une orientation résolument tournée vers la pratique

Si les installations paraissent impressionnantes, elles reposent sur une conception relativement simple et la recherche de formes aérodynamiques que l'on y pratique relève davantage de l'expérience et d'une méthode d'ajustements successifs que de calculs complexes.

Ainsi, pour améliorer une maquette trop résistante à l'air par exemple, les collaborateurs du laboratoire se munissent souvent de pâte à modeler, renforçant un profil ici, adoucissant une courbe là, pour soumettre de façon répétitive leur modèle aux essais de soufflerie (fig. 7). Lorsque le problème est plus ardu, une collaboration peut s'instaurer avec d'autres instituts, telle l'Ecole polytechnique de Lausanne, qui effectuent sur ordinateur des simulations que le laboratoire d'aérotechnique valide ensuite.

Fig. 9 : Maquettes de sac en sagex testées en soufflerie pour des contrôles de stabilité (Photo TRACÉS)

Fig. 10 : Trois sacs de géométrie différente testés sur le terrain (Photo EIG)



ATTERRISSAGE EN DOUCEUR POUR SACS HUMANITAIRES

C'est une graine qui a fait germer chez Michel Bert l'idée d'un sac à parachuter original intégrant son propre système de freinage. L'actualité récente qui déplorait le décès de personnes tuées en Afghanistan par le largage de sacs humanitaires lui donne raison. L'impact de provisions alimentaires balancées par de petits avions présente en effet un danger pour les habitations et les personnes lorsque les sacs ne sont pas munis d'un système de freinage. Et quand ils sont équipés d'un parachute, leur prix devient rédhibitoire. De plus, tout largage est accompagné de restrictions très sévères: seules des zones dégagées sont accessibles à des appareils de taille modeste, appelés à voler bas (à quelque quinze mètres du sol); un important personnel est nécessaire pour la préparation du lieu et la réception des sacs. Malgré ces précautions, le taux de réussite d'une telle mission demeure bas, car une partie du chargement n'atteint pas la zone ou s'éventre lors de l'arrivée au sol.

Alliant sa passion du parachutisme et les compétences en aérotechnique acquises au laboratoire de l'Ecole d'Ingénieurs de Genève (voir article précédent), Michel Bert s'est attelé au problème.

Le concept d'un sac muni d'une grande ailette, à l'image de ce que la nature produit, a vite été abandonné. La maquette essayée en soufflerie a prouvé à quel point un tel système s'avérait instable, et peu efficace de surcroît. De travail d'étudiant en projet financé par la HES, l'idée a donc évolué et d'autres maquettes aux formes variées, répondant à des critères de stabilité, ont été testées (fig. 9). Pour amortir la chute, il est vite devenu évident qu'un système de type parachute demeurerait indispensable. Cependant, pour en diminuer le coût, il fallait disposer d'un mécanisme simple, fiable,

autonome. Ces exigences combinées ont débouché sur le concept de la bouée: le sac - sphère, cône ou cube - est vide en son centre, de manière à ce que l'air qui y pénètre lors de la chute ouvre, sans intervention extérieure, une toile de parachute. Le tour est presque joué. Encore faut-il que l'aérodynamisme y trouve son compte.

Des séries de tests ont été effectués en laboratoire et sur le terrain pour fixer plusieurs paramètres: taille du trou central, cambrure du sac, dimension. Dans la halle d'aérotechnique, la soufflerie s'est «verticalisée» pour s'adapter à la mesure d'un objet en chute libre. Quant aux lâchers sur le terrain, ils ont exigé une logistique importante et des autorisations que seules les bonnes relations du parachutiste avec l'aéronautique ont permis d'obtenir. C'est surtout en filmant le largage et en mesurant les vitesses de chute et les dérives que les ajustements ont pu progresser, mais la forme quasi définitive est maintenant trouvée (fig. 10). Parti d'un aspect cubique, le sac s'est cambré pour gagner en stabilité; il est pourvu d'une toile parachute pliée dans le trou central et offre une contenance de vingt-cinq kilos. Ainsi conçu, il se révèle légèrement plus cher qu'un sac CICR dépourvu de système de freinage. Le dernier largage en date a connu un succès total: tous les sacs sont arrivés à destination en parfait état, et ces bons résultats devraient se trouver confirmés au printemps lors d'une ultime cession.

L'étape suivante ne dépend plus entièrement de l'inventeur, le sort de sa trouvaille étant lié à l'intérêt que les organismes à mission humanitaire y trouveront. Bien qu'irréguliers, les besoins existent bel et bien: en période de crise, il arrive de devoir larguer jusqu'à cent tonnes de matériel par jour sur un site. Des contacts ont été établis avec le CICR, qui poursuit un développement similaire, ainsi qu'avec le HCR et le *World Trade Program*.