

MESURER LA RÉSISTANCE DE L'AIR SUR LA TOUR EIFFEL

De 1903 à 1906, Gustave Eiffel mena toute une série d'expériences sur la tour Eiffel afin d'étudier la résistance de l'air « sur des surfaces de diverses formes, qui se déplacent en ligne droite avec des vitesses comprises entre 15 mètres et 40 mètres par

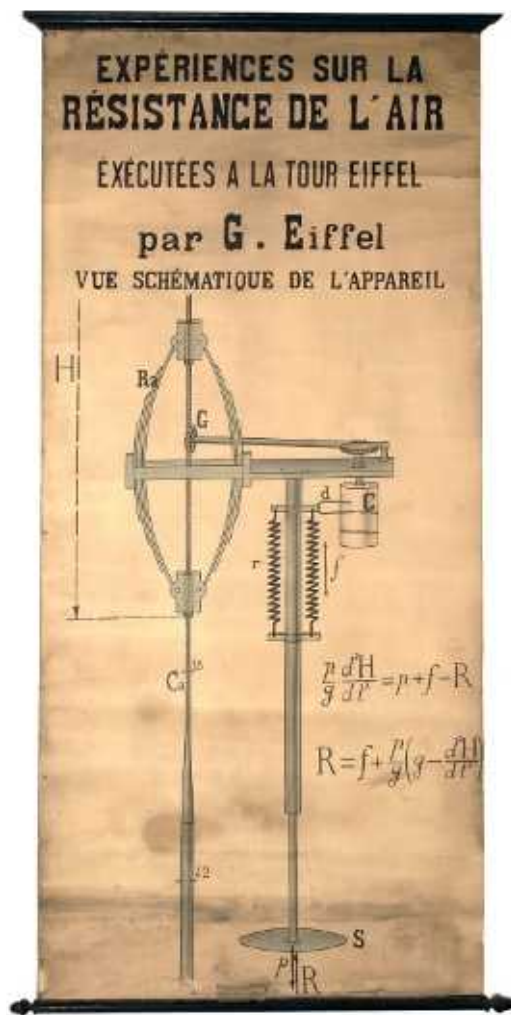
seconde », explique-t-il en 1907 dans son mémoire *Recherches expérimentales sur la résistance de l'air* exécutées à la tour Eiffel. Il poursuit : « Ces recherches ont un intérêt pratique d'autant plus grand que des vitesses de

grandes vitesses qui intéressent le plus la stabilité des constructions et la résistance opposée par l'air aux véhicules rapides. »

Pour ce faire, il conçut un appareil de chute libre guidée (voir ci-dessous). Abandonné depuis le deuxième étage de la tour, un mobile glisse le long d'un câble vertical « et tombe à peu près comme en chute libre ». Sa vitesse, nulle au départ, à 115 mètres de hauteur, augmente constamment jusqu'à 40 mètres par seconde au point de freinage, réalisé en augmentant le diamètre du câble à 21 mètres du sol (à droite, deux personnes dégagent l'appareil de ce cône d'arrêt avant sa remontée). Le mobile pousse devant lui le corps à tester (une plaque placée en S sur le schéma à gauche), par l'intermédiaire de ressorts r . Lors de sa chute, le corps tend les ressorts. Un stylet attaché aux ressorts via un diapason (d) inscrit leurs mouvements sur un cylindre tournant C recouvert de noir de fumée, dont on déduit la force f de tension des ressorts. Grâce au principe fondamental de la dynamique, Gustave Eiffel, muni de f , du poids du mobile et de sa vitesse, déduit la résistance R de l'air.

La vitesse du mobile lâché en haut de la tour augmente jusqu'à 40 mètres par seconde

30 à 40 mètres sont difficilement réalisables et, en fait, n'ont pas encore été obtenues dans les recherches de ce genre. Les expérimentateurs ont surtout étudié les vitesses inférieures à 10 mètres. Ce sont cependant les



> Dès 1892, soit trois ans après l'inauguration de la tour, deux chercheurs, Louis-Pierre Cailletet et Eugène Colardeau, avec le soutien du physiologiste et inventeur Étienne-Jules Marey et de Gustave Eiffel, réalisent une série d'expériences consistant à laisser tomber du deuxième étage du monument (soit à 115,7 mètres du sol) des objets en chute libre, tenus par un fil fin et léger, en mesurant la vitesse par le déroulement du fil. En évaluant la résistance de l'air – égale au poids de l'objet en chute libre une fois atteinte sa vitesse limite –, ils obtiennent un coefficient de proportionnalité entre la vitesse au carré et la section du corps (en général carrée ou circulaire).

UN APPAREIL DE CHUTE LIBRE GUIDÉE

En 1893, Eiffel se retire de la vie professionnelle après sa participation malheureuse à la Compagnie du Canal de Panamá, secouée par de nombreux scandales politiques et financiers qui ont abouti à diverses poursuites pénales, lesquelles l'ont finalement innocenté. C'est alors qu'il décide de se consacrer à la recherche en s'intéressant au vent et à la météorologie. Il reprend en 1903 les expériences de chute des corps depuis la tour et conçoit un appareil plus astucieux permettant une mesure de la vitesse instantanée et de la force sur le corps.

Cet appareil est constitué par un lourd bâti, portant dans son extrémité les surfaces à tester et glissant le long d'un câble vertical de 115 mètres de hauteur (voir l'encadré page ci-contre). Le câble, à 21 mètres du sol, est augmenté dans son diamètre («cône d'arrêt») afin de freiner l'objet, permettant ainsi de mesurer la variation de la vitesse durant la décélération. Le temps écoulé est enregistré depuis le début de la chute, en même temps que la distance parcourue par l'appareil et la force sur l'objet d'essai. Ces mesures sont effectuées à l'aide d'un diapason et d'un cylindre tournant à une vitesse proportionnelle à celle du déplacement sur le câble, et sur lequel un stylet enregistre la force mesurée par les ressorts dynamométriques tenant l'objet.

La vitesse de chute U varie entre 15 et 40 mètres par seconde (vitesse maximale), ce qui permet à Eiffel de mesurer de façon précise le coefficient de résistance (défini comme le rapport entre la force de résistance par unité de surface normale au déplacement et la pression dynamique $\rho_{\text{air}} U^2/2$, où ρ_{air} est la masse volumique de l'air) et sa variation avec la vitesse sur des corps de différentes géométries (sphères, cônes, hémisphères, plaques et disques inclinés). En 1907, il publie ses résultats dans un long mémoire intitulé *Recherches expérimentales sur la résistance de l'air*, ce qui lui assure une rapide communication internationale de ses résultats scientifiques. L'appareil de

chute et la tour deviennent ainsi le premier laboratoire aérodynamique selon l'historienne des sciences Claudine Fontanon.

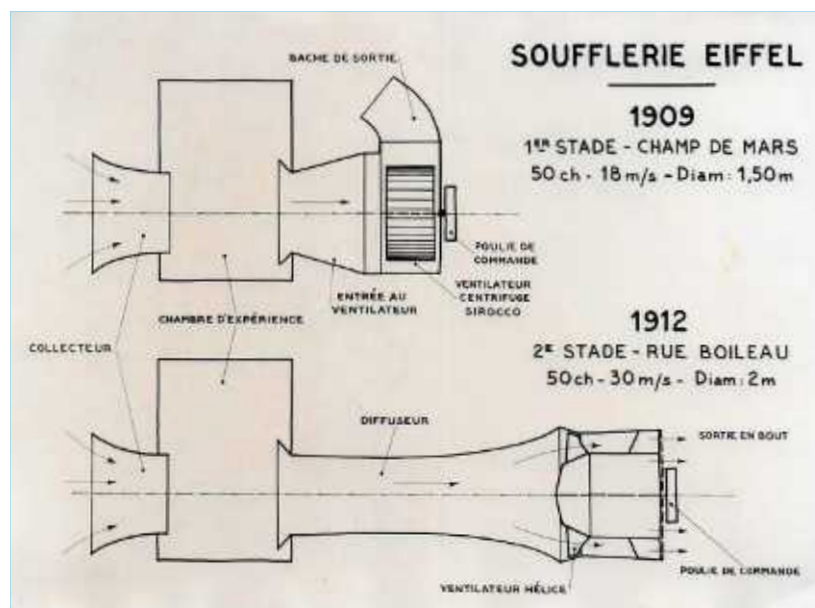
LA SOUFFLERIE EIFFEL

Ces recherches systématiques et précises encouragent Eiffel à aller plus loin. Poussé par les besoins technologiques de l'aviation naissante, il cherche à effectuer des expériences sur la résistance de l'air à grande vitesse dans des géométries plus accessibles que celle de la machine de chute.

Il construit, au Champ de Mars, dans une cabane au pied de la tour, une soufflerie ouverte («la méthode du tunnel») qui permet d'obtenir, dans une section carrée de 1,5 mètre de côté, une vitesse de l'air de 18 mètres par seconde. Ce courant est produit dans une chambre où l'air est aspiré grâce à un moteur de 50 chevaux (36,8 kilowatts) alimenté par les générateurs électriques de la tour, lesquels font de cette soufflerie la plus puissante du monde (voir la figure ci-dessous). Elle est équipée d'une



La vitesse de l'air dans la soufflerie du Champ de Mars atteint 18 mètres par seconde



Schémas des souffleries Eiffel au Champ de Mars (en haut) et rue Boileau (en bas). Le diffuseur est une innovation d'Eiffel qui permet d'améliorer le rendement énergétique des souffleries.