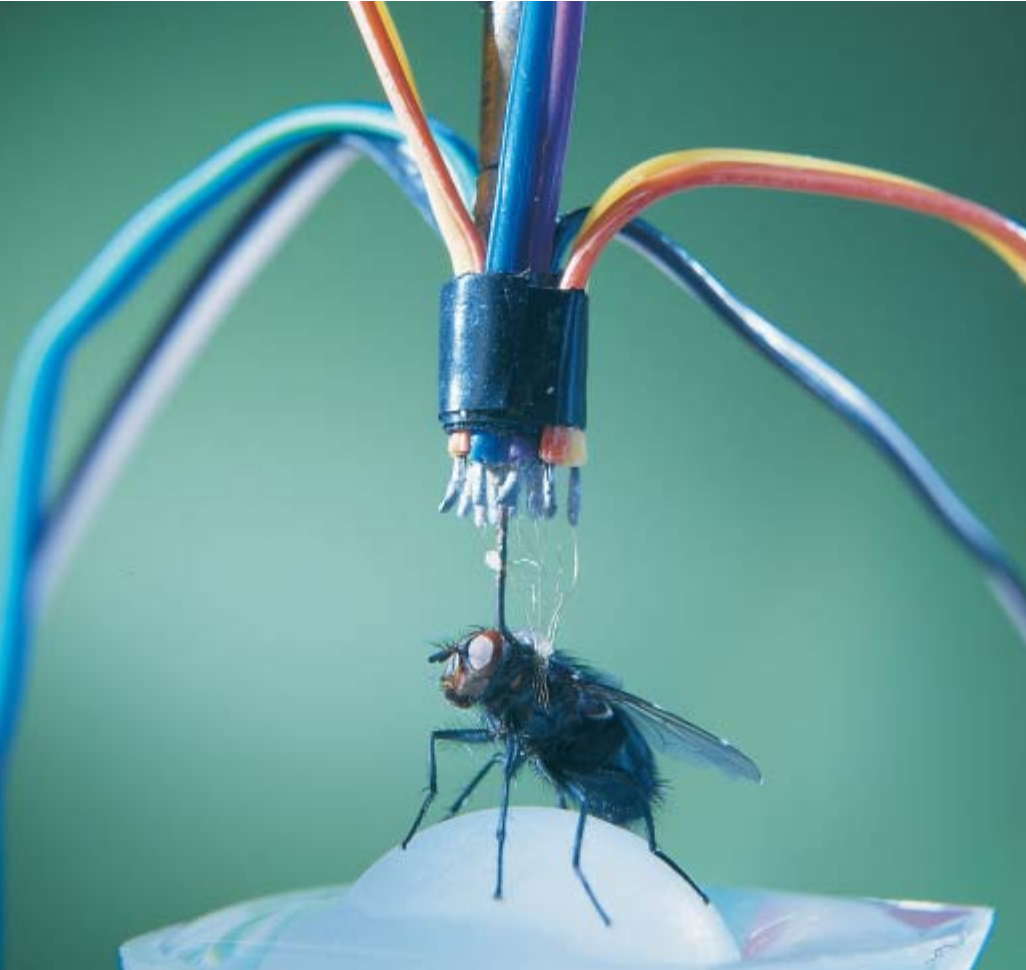
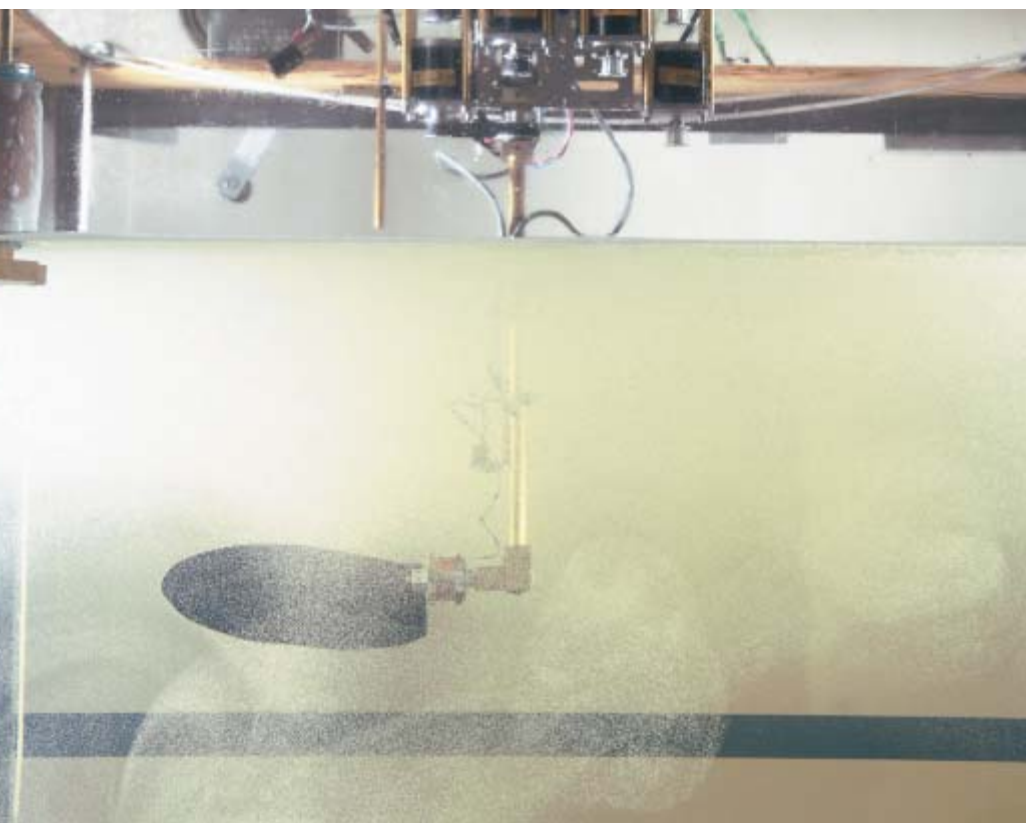




2. UNE MOUCHE BLEUE est reliée à un dispositif électronique qui mesure l'activité électrique des muscles du vol de la mouche pendant les mouvements des ailes.



3. UN ROBOT-MOUCHE bat lentement des ailes dans de l'huile. Ce dispositif simule l'aérodynamique des ailes d'une drosophile qui battent rapidement dans l'air. Des rayons laser illuminent des bulles d'air injectées et révèlent ainsi les écoulements complexes, tandis que des capteurs placés sur les ailes enregistrent les forces engendrées.

La répartition des vitesses et des pressions au sein d'un fluide est régie par les équations de Navier-Stokes, qui ont été formulées au début des années 1800. Dans un fluide de faible densité comme l'air, le mouvement complexe de l'aile rend la résolution de ces équations très difficile, même avec les ordinateurs les plus performants.

L'informatique et la théorie étant impuissantes, peut-on mesurer directement sur l'insecte les forces aérodynamiques dues aux battements ? Plusieurs équipes se sont attelées à la tâche, mais la petite taille et la vitesse élevée des ailes compliquaient les mesures. Par ailleurs, les mesures de forces effectuées sur les insectes vivants doivent être regardées avec prudence, car le comportement d'animaux captifs diffère de celui d'animaux en liberté.

Les beautés de la similitude

Pour contourner ces difficultés, les ingénieurs utilisent les propriétés de similitude grâce auxquelles on relie l'écoulement autour d'un objet réel à celui autour d'une maquette, plus facile à manier et à étudier en soufflerie. C'est le monde à l'envers : alors que les ingénieurs aéronautiques construisent des modèles réduits, ceux qui étudient le vol des insectes ont besoin de modèles agrandis.

Les principes physiques qui gouvernent les objets (ou les animaux) réels et les maquettes sont identiques quand, dans les deux cas, le rapport de la force de pression due à l'inertie du fluide est égal à la force de cisaillement due à la viscosité du fluide. Ce rapport est nommé nombre de Reynolds. On dit alors que la maquette et l'objet (ou l'animal) réel respectent la similitude de Reynolds. La viscosité, équivalente à un frottement, apparaît quand des régions contiguës d'un fluide se déplacent à des vitesses différentes. Le nombre de Reynolds augmente proportionnellement à la longueur, à la vitesse de l'objet et à la densité du fluide. Il diminue avec la viscosité du fluide. Un avion, qui a une grande taille et se déplace à une vitesse élevée, a un nombre de Reynolds de l'ordre de un à 100 millions. Un insecte, petit et lent, a un nombre de Reynolds entre 100 et 1 000, voire même inférieur à 100 pour les plus petits insectes. Notons que pour respecter la similitude de Reynolds, on ajuste les dimensions de l'objet, la vitesse de l'écoulement ou encore la nature du