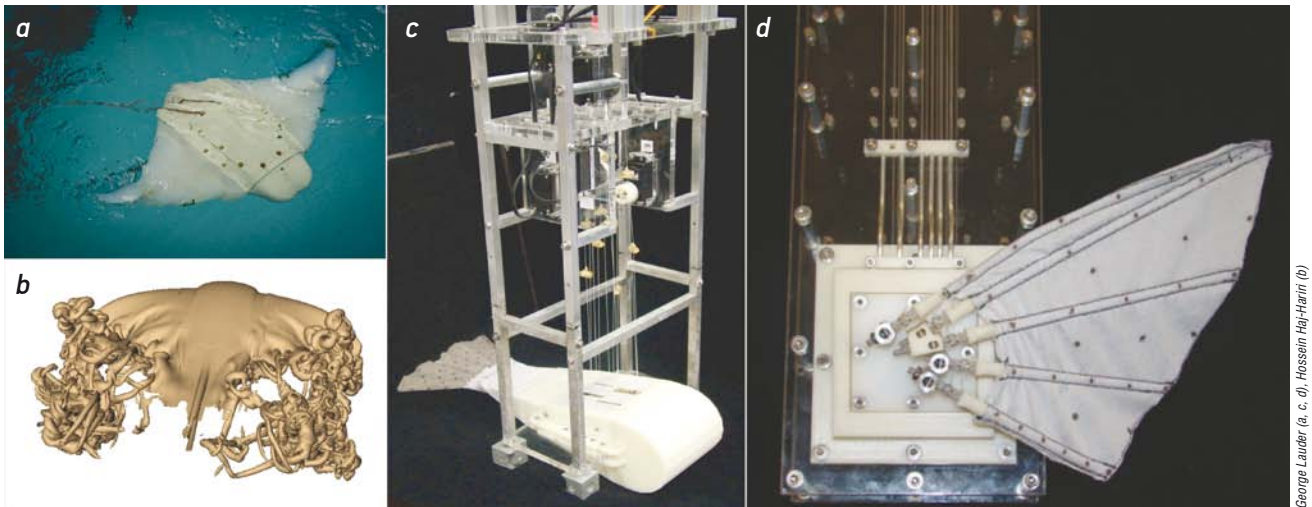




George Lauder (a, c, d), Hossein Haj-Hariri (b)

LES ROBOTS NAGEURS IMITENT LES ANIMAUX NAGEURS en modifiant l'écoulement dans leur voisinage. Les grandes nageoires pectorales du *Mantabot* (a) engendrent un écoulement compliqué reproduit par une

simulation numérique (b). Des dispositifs automatiques d'immersion et de mesure sont employés pour étudier les écoulements créés par des organes natatoires pour robots biomimétiques (c, d).

d'un travail asynchrone des nageoires permet alors d'augmenter encore la quantité de mouvement transmise à l'eau propulsée vers l'aval.

Au contraire du crapet arlequin, les Embiotocidés, des poissons perciformes typiques de la côte Nord-Ouest de l'Amérique du Nord, sont capables d'utiliser leurs nageoires pectorales sur une large gamme de vitesses sans avoir recours à d'autres nageoires. Quand ces poissons accélèrent, le battement de leurs nageoires pectorales se réoriente vers l'arrière, ce qui y dirige les anneaux tourbillonnaires pectoraux et engendre une poussée.

Un rôle dans le brassage des eaux océaniques

Grâce aux techniques modernes de visualisation et à l'hydrodynamique numérique, les biologistes comprennent de mieux en mieux les écoulements autour des animaux nageurs. La façon dont ces derniers s'adaptent physiquement au milieu aquatique peut être analysée sous les angles fonctionnel, écologique et évolutionniste.

Ces progrès nourrissent aussi des questions plus globales : ainsi, J. Dabiri et Kakani Katija Young, de l'Institut océanographique de Woods Hole dans le Massachusetts, ont proposé que les écoulements créés par des myriades de nageurs jouent un rôle dans le brassage des eaux océaniques. Les mouvements incessants des animaux

seraient l'un des mécanismes de transport vertical de l'énergie au sein des océans, qui faciliterait en particulier le transport des nutriments. La nage des organismes marins serait donc à prendre en compte pour comprendre plus avant le changement climatique.

Nos recherches se poursuivent : actuellement, nous étudions la façon dont le crapet arlequin contrôle l'écoulement qui l'entoure à l'aide de nageoires oscillantes flexibles ; une technique que pratiquent aussi à leur manière les raies manta et pastenague. Nous voudrions en tirer une locomotion améliorée pour véhicules sous-marins autonomes, qui rende plus économes, plus manœuvrables et plus rapides ces robots très utilisés par les océanographes (voir la figure ci-dessus).

Comme les animaux aquatiques, les véhicules sous-marins autonomes doivent séjourner longtemps dans un milieu fluide 800 fois plus dense et 60 fois plus visqueux que l'air. Compte tenu de nos observations, nous avons toutes les raisons de croire que les véhicules sous-marins autonomes du futur seront équipés de nageoires oscillantes flexibles. L'ingénierie nous a fourni des techniques élaborées de visualisation des écoulements, qui nous permettent de dévoiler les astuces par lesquelles les animaux aquatiques tirent profit de leur environnement liquide. En retour, ces informations biologiques aident à mettre au point des robots nageurs plus perfectionnés. ■

■ BIBLIOGRAPHIE

L. Wen et al., *Biomimetic shark skin : Design, fabrication and hydrodynamic function*, *The Journal of Experimental Biology*, vol. 17, pp. 1656-1666, 2014.

N. Lanotte et S. Lem, *La physique de la natation*, *Pour la Science* n° 426, avril 2013.

J. Oeffner et G. V. Lauder, *The hydrodynamic function of shark skin and two biomimetic applications*, *Journal of Experimental Biology*, vol. 215, pp. 785-795, 2012.

C. Esposito et al., *A robotic fish caudal fin : Effects of stiffness and motor program on locomotor performance*, *Journal of Experimental Biology*, vol. 215, pp. 56-67, 2012.

G. V. Lauder et E. G. Drucker, *Forces, fishes, and fluids : Hydrodynamic mechanisms of aquatic locomotion*, *News in Physiological Sciences*, vol. 17, pp. 235-240, 2002.

Comment trouver LA VIE SUR

L'ESSENTIEL

■ Depuis le programme

Viking des années 1970, aucune mission spatiale n'a consisté à rechercher spécifiquement de la vie sur Mars. Et ce programme n'a pas révélé de traces de vie concluantes.

■ Des tests utilisés

sur Terre pour identifier des biomolécules sont adaptables pour des missions martiennes.

■ Ces tests pourraient être intégrés à des missions martiennes prévues dans quelques années.

NASA/JPL-CALTECH

Christopher McKay et Victor Parro García

L'eau a coulé sur Mars, mais cela a-t-il suffi pour que la vie s'y développe ? Une nouvelle génération d'instruments, capables de détecter les traces les plus infimes de vie, permettra bientôt de répondre à cette question.

Depuis que les premières sondes se sont posées sur Mars il y a près de quatre décennies, les astronomes ont beaucoup appris sur la planète rouge. Nous savons que de l'eau liquide a coulé autrefois à sa surface, et que la Terre et Mars se ressemblaient beaucoup dans leur jeunesse. Quand la vie est apparue sur Terre, il y a quelque 3,5 milliards d'années, Mars était plus chaude qu'aujourd'hui et

présentait des océans d'eau liquide, un champ magnétique actif et une atmosphère plus épaisse. Étant donné la ressemblance entre les deux planètes, les étapes qui ont conduit à la vie sur Terre se sont peut-être aussi déroulées sur Mars.

Des formes de vie microscopiques existaient peut-être même encore aujourd'hui sur la planète rouge. Cependant, toutes les missions d'exploration de notre voisine

LE CRATÈRE GALE

(au centre sur cette vue de Mars, reconnaissable à la montagne située à l'intérieur) a autrefois contenu de l'eau liquide. Au début de 2014, le rover *Curiosity* y a détecté des traces de molécules organiques.

MARS

depuis 35 ans ont porté sur sa géologie, et non sur sa biologie. Seules les sondes *Viking 1* et *2*, arrivées sur Mars en 1976, ont effectué la première (et à ce jour la seule) recherche de vie sur une autre planète.

Chacune de ces deux sondes a effectué quatre expériences, mais les chercheurs n'ont pas pu conclure sur la présence de vie martienne à partir des différents résultats, parfois contradictoires. Les missions *Viking* nous ont apporté plus d'énigmes que de réponses. Nous savons aujourd'hui que les méthodes expérimentales de *Viking* n'auraient pas trouvé la vie sur Mars même si les sondes l'avaient rencontrée. La question de la vie sur cette planète reste ouverte.

Dans les décennies suivantes, les microbiologistes ont développé une panoplie d'outils pour détecter des micro-organismes. Ces outils sont maintenant banals sur Terre. Mais si on les installait sur l'une des missions bientôt en partance vers Mars,

ils pourraient devenir déterminants : ils révéleraient enfin si cette planète a hébergé ou héberge encore de la vie.

Avant d'envisager le futur, revenons sur les missions *Viking* : pourquoi ont-elles donné des réponses ambiguës ? Les dispositifs mis en œuvre correspondaient aux techniques de l'époque. Dans l'expérience initiale, l'atterrisseur a recueilli une poignée de sol martien et y a ajouté des composés organiques pour nourrir les éventuels micro-organismes présents dans l'échantillon. Si des microbes étaient présents dans le sol, ils consommeraient la nourriture et libéreraient du dioxyde de carbone.

Et effectivement, les missions *Viking* ont détecté une telle émission. Ce test semblait donc indiquer que des micro-organismes étaient présents dans le sol martien. Mais à la lumière des autres expériences réalisées par les missions *Viking*, un doute subsistait.