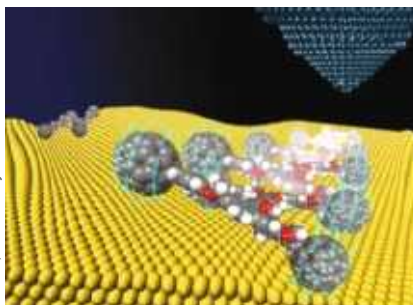




2. LA NANOVOITURE est un exemple parmi d'autres de machine moléculaire articulée. Elle comporte des essieux à base de carbone et des roues formées de fullerènes (des molécules de carbone en forme de ballon de football). Mais pour l'instant, il lui manque un moteur, si bien qu'elle ne peut qu'avancer et reculer aléatoirement au gré du relief et de l'agitation thermique.

de quelques dizaines de micromètres par seconde, et ressemblaient étonnamment à des bactéries en train de nager.

Pourtant, comme souvent en science, l'hypothèse qui avait motivé cette expérience était fautive. Nous avons imaginé que de minuscules bulles étaient éjectées à l'arrière des nanotiges et les propulsaient. Le comportement réel de nos nanobateaux est cependant tout autre, ce qui nous rappelle qu'à très petite échelle, il faut bien souvent penser la mécanique de façon radicalement différente que dans le monde usuel.

L'inertie vaincue par la viscosité

À l'échelle macroscopique, la notion d'inertie a un sens. Lorsqu'un rameur pousse l'eau vers l'arrière avec ses avirons, la force de réaction pousse les rames, et par extension le bateau, vers l'avant. Lorsque la poussée cesse, le bateau continue de glisser sur l'eau jusqu'au prochain coup de

rame. La distance sur laquelle un objet continue de se déplacer après une poussée donnée est déterminée par son inertie, c'est-à-dire sa résistance face aux changements de sa vitesse, mais aussi par la force de traînée engendrée par la viscosité du milieu.

La force de traînée d'un objet est proportionnelle à sa largeur, tandis que son inertie est proportionnelle à sa masse, qui varie elle-même comme sa largeur au cube. En conséquence, si l'on considère des échelles de plus en plus petites, l'inertie des objets diminue beaucoup plus rapidement que leur force de traînée, au point de devenir négligeable devant celle-ci. À l'échelle du micromètre, tout déplacement inertiel est ainsi stoppé par la traînée en moins d'une microseconde, après un centième de nanomètre à peine. Pour un objet de taille micrométrique, se déplacer dans l'eau est aussi dur que, pour nous, nager dans du miel ! Un nanodispositif n'a quasiment aucune inertie, et les systèmes de propulsion inertielle, tel le bateau cata-

ANATOMIE D'UN MOTEUR CATALYTIQUE

Les nanomoteurs créés par les auteurs sont des tiges d'or et de platine longues de deux micromètres. Ils sont propulsés par la dissociation du peroxyde d'hydrogène (H_2O_2) présent dans l'eau. Cette réaction chimique induit un flux de protons le long de la tige, lesquels entraînent des molécules

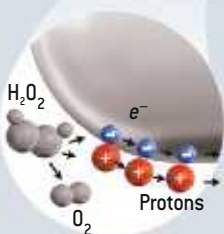
d'eau, propulsant la tige dans la direction opposée. Grâce à ce flux continu, la tige surmonte la viscosité de l'eau. Ce type de moteur permettrait à des robots de la taille d'une bactérie de nager dans le corps humain, ou mettrait en mouvement de minuscules composants, tels des rotors (*ci-dessous*).

Avancée de la tige

Platine

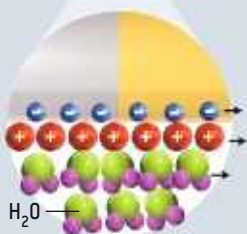
Or

Écoulement du fluide le long de la tige



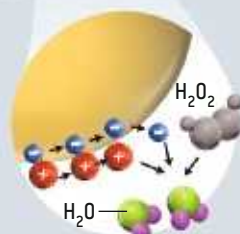
1 Libération de protons

Le platine favorise la dissociation des molécules H_2O_2 en électrons (e^-), en protons et en O_2 . Des protons sont produits en continu.



2 Les protons entraînent l'eau

Des électrons circulent dans la tige jusqu'à la partie en or, tandis que les protons glissent à la surface. Leur charge positive attire les molécules d'eau, qui sont entraînées le long de la tige.



3 Capture des protons

La surface en or catalyse la formation d'eau (H_2O) à partir des protons et des électrons recyclés et des molécules H_2O_2 .



Un rotor

Le même couple de réactions chimiques met en mouvement l'eau autour des dents de cette roue de 100 micromètres de diamètre et la fait tourner.