

En raison de l'agitation thermique, un nanodispositif immergé dans un fluide est soumis à des impacts moléculaires incessants et aléatoires. D'où une trajectoire erratique, le mouvement brownien. Des chimistes ont mis au point des machines moléculaires qui exploitent ce phénomène : les cliquets browniens. Ainsi, l'équipe de David

Leigh, de l'Université d'Édimbourg, développe un système de monorail qui transforme des déplacements aléatoires en mouvement directionnel (*ci-dessous*). Cela semble à première vue violer le deuxième principe de la thermodynamique, mais tout va bien : les mouvements browniens consomment eux-mêmes de l'énergie.

❶ Le dispositif se déplace aléatoirement

Un « nanoglisser » est conçu pour se déplacer pas à pas le long d'un monorail immergé dans un liquide. Sans moteur, il saute aléatoirement en avant ou en arrière chaque fois qu'il subit un impact assez fort de la part d'une molécule de liquide.

❷ Des barrières entrent en jeu

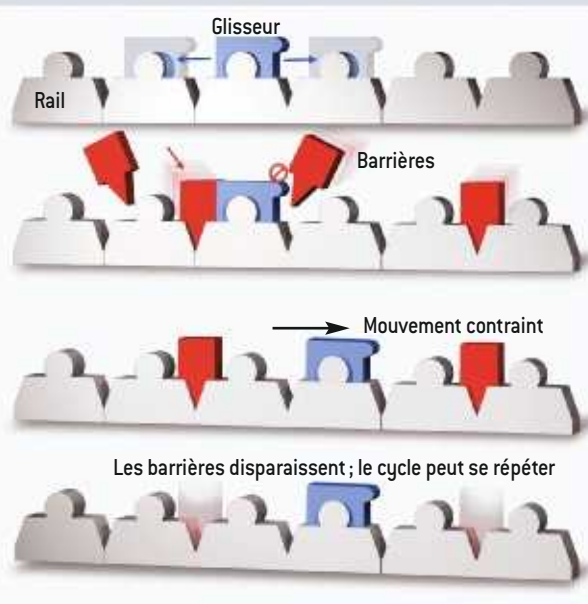
Les molécules du liquide peuvent aussi se lier aux rails et agissent alors comme des barrages pour le glisseur. Celui-ci est toutefois, par construction, asymétrique, de sorte qu'il empêche les barrières de se fixer directement devant lui.

❸ Le mouvement devient dirigé

Dès lors, quand une molécule heurte le véhicule, le barrage l'empêche de reculer. Les obstacles augmentent ainsi les chances du véhicule d'avancer d'un pas dans un sens plutôt que dans l'autre.

❹ L'ardoise est effacée

Les barrières se rompent de temps en temps, si bien que le glisseur peut continuer à avancer. Une telle rupture consomme irréversiblement de l'énergie, comme le requiert la deuxième loi de la thermodynamique.



Don Foley

catalytiques. O. Velev a démontré qu'entre les échelles du centimètre et du millimètre, la vitesse d'un moteur à diode ne varie pas avec sa taille, ce qui est en accord avec la théorie. Cela suggère que de tels moteurs pourraient être assez puissants à l'échelle de quelques dizaines de micromètres, l'ordre de grandeur d'une cellule humaine.

Feynman visionnaire

On peut ainsi imaginer des scalpels microscopiques comportant des composants de propulsion, de pilotage et de détection imprimés sur de minuscules puces de silicium, et dirigés à distance à l'aide de champs électriques de radiofréquence, qui ne sont pas absorbés par les tissus corporels. Ces microscalpels pourraient être délivrés dans la zone souhaitée avec une très fine aiguille, puis télécommandés jusqu'à leur destination.

Les scientifiques – et les auteurs de science-fiction – envisagent de telles nanomachines au moins depuis une célèbre conférence du physicien Richard Feynman sur les potentialités du monde nano-

scopique donnée en 1959, qui abordait les limites d'échelle pour les dispositifs mécaniques et les systèmes de stockage de l'information. Il fit remarquer que, les lois de la physique classique étant valables jusqu'à l'échelle des molécules, il n'y avait pas de raison théorique qui interdise de réaliser des engins à partir de composants moléculaires.

La conférence de Feynman inspire encore aujourd'hui le développement de machines à l'échelle moléculaire. Depuis, la représentation de la cellule vivante a évolué, de celle d'un bouillon d'enzymes où se produisent des réactions métaboliques jusqu'à celle d'une montre suisse de précision, constituée de moteurs chimiques bien compartimentés et liés mécaniquement.

Nous avons fait de grands progrès dans la fabrication de nanomoteurs inspirés de la biologie, mais il y a encore beaucoup à apprendre sur la propulsion catalytique à ces échelles. Sans aucun doute, les recherches à venir sauront exploiter ces connaissances en biomédecine, en énergétique, en synthèse chimique et dans bien d'autres domaines. ■

✓ BIBLIOGRAPHIE

J. Wang, Can man-made nanomachines compete with nature biomotors ?, *ACS Nano*, vol. 3, n° 1, pp. 4-9, 27 janvier 2009.

W. F. Paxton et al., Chemical Locomotion, *Angewandte Chemie International Edition*, vol. 45, n°33, pp. 5420-5429, 18 août 2006.

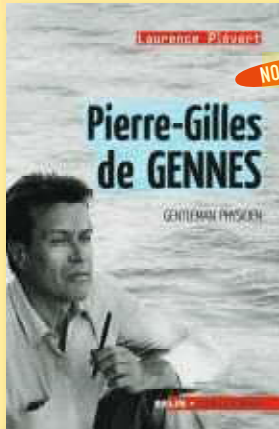
Z. L. Wang, les nanogénérateurs, *Pour la Science* n° 366, avril 2008.

D. Astumian, Les moteurs moléculaires, *Pour la Science*, n° 290, décembre 2001.

La sélection

POUR LA SCIENCE

Des livres scientifiques à la pointe de l'actualité



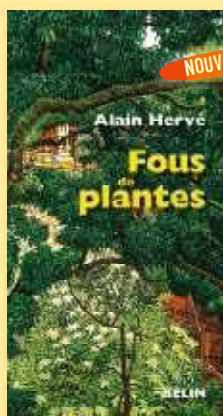
NOUVEAUTÉ

Pierre-Gilles de Gennes

Laurence Plévert

Qui est véritablement Pierre-Gilles de Gennes ? D'où vient l'élégance des théories qu'il a élaborées et son goût pour l'éclectisme scientifique, qui l'a amené de la supraconductivité aux neurosciences en passant par les cristaux liquides ou la physique du sable ? C'est ce que nous raconte Laurence Plévert, longtemps journaliste à *Pour la Science*, dans la première biographie du prix Nobel de physique qui lui a consacré de longues heures d'entretien.

005228 • 368 pages • 23,00 €



NOUVEAUTÉ

Fous de plantes

Alain Hervé

L'auteur, écrivain et botaniste, raconte avec talent et passion des histoires de plantes, de jardins exceptionnels et d'hommes fous de plantes, qui consacrent leur vie à leur découverte, à leur culture... Un livre « jubilatoire » écrit le botaniste Francis Hallé dans sa préface.

005123 • 160 pages • 14,50 €



Feuilletez les premières pages de ces livres en exclusivité et commandez en ligne sur notre site

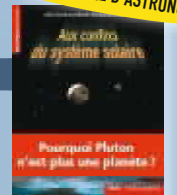
www.editions-belin.com

Actualité

004607	Aux confins du système solaire	23,00 €
004733	Le ciel, un jardin vu de la Terre	27,50 €
004900	L'astronomie des Anciens	25,00 €
004109	Les autres mondes	24,00 €

Astronomie

PRIX DU LIVRE D'ASTRONOMIE



A. Doré
E. Lellouch

Biologie / Évolution

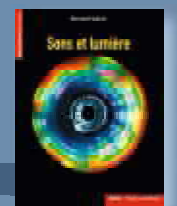
004698	Kant et le chimpanzé	17,00 €
004206	La Terre avant les dinosaures	25,00 €
004694	Comment la vie a commencé	19,50 €
004952	À la conquête des virus	19,50 €
005119	Darwin, l'homme qui osa !	6,95 €
004951	Les poissons font-ils l'amour ?	19,50 €



J.-F. Salazar

Physique

075089	Carnets de voyages relativistes	20,00 €
004552	La physique par les objets quotidiens	22,50 €
004751	Sons et lumière	23,00 €
004006	Météorologie	23,00 €
004724	La fusion nucléaire	21,00 €



B. Vauclair

Nature

004681	Guide des orchidées de France	16,90 €
004674	Guide des champignons de la montagne	16,90 €
004672	Guide des oiseaux des villes et des jardins	16,90 €
004671	Guide des coquillages de France	16,90 €



F. Durak, P. Lebas
P. Pernot

Mathématiques

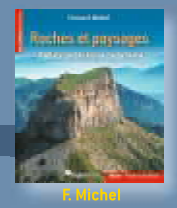
075090	Au pays des paradoxes	24,00 €
004622	Vous avez dit hasard ?	25,00 €
004286	Menteur qui comme Ulysse...	17,50 €
004737	Les déchiffreurs	19,50 €



J.-P. Delahaye

Géologie

004081	Roches et paysages	21,00 €
004729	Ce que disent les minéraux	23,50 €



E. Michard

Environnement et société

004624	Petit traité de l'imposture scientifique	18,00 €
004950	OGM, le nouveau Graal ?	17,50 €
004508	Atmosphère, océan et climat	29,00 €



P. Failler