



complexes, des concepts et des données scientifiques quand on est à court de mots». Et le destin annoncé des deltas densément peuplés d'Asie (Bangladesh, Vietnam...) et des mégaloïles d'Afrique, comme Lagos, Lomé ou Alexandrie, semble soudain moins lointain. D'ailleurs, n'oublions pas qu'en France, Nantes, Bordeaux, Marseille et bien d'autres villes sont tout autant menacées.

Timo Aho et Pekka Niittyvirta ont d'ailleurs récidivé en adaptant leur installation dans un autre endroit tout aussi exposé à la montée des eaux, et nettement moins retiré que Lochmaddy: Miami Beach, aux États-Unis. C'est

qu'aucune région du monde ne sera épargnée: les experts n'excluent pas une élévation du niveau des mers de 2 mètres d'ici à la fin du siècle!

Outre *Lines* (57° 59' N, 7° 16' W), «Champs Libres» expose de nombreuses œuvres qui sont autant de moyens d'expérimenter l'extrême fragilité du vivant et de la planète, mais aussi de penser de nouvelles façons d'agir et de vivre. Par exemple, la Brésilienne Janaina Mello Landini témoigne des interconnexions du vivant et de l'environnement avec *Ciclotrama 126*, une œuvre en cordes ramifiées et organisées selon une structure hiérarchisée, presque fractale,

évoquant les formes des branches d'arbres, des réseaux de veines ou de bronches pulmonaires et... des deltas fluviaux. On y revient, avant qu'ils ne disparaissent sous les eaux. ■

«Champs Libres», jusqu'au 18 juillet 2020.
Maif Social Club, 37 rue de Turenne, 75004 Paris.
<http://bit.ly/MSC-CL>



L'auteur a publié:
**Pollock, Turner, Van Gogh,
Vermeer et la science...**
(Belin, 2018)

LES AUTEURS



JEAN-MICHEL COURTY et ÉDOUARD KIERLIK
professeurs de physique à Sorbonne Université, à Paris

LES PETITS BATEAUX DE MARANGONI

Si la surface d'un liquide présente des différences de composition chimique ou de température, des écoulements peuvent y apparaître – par l'effet Marangoni.

Pour échapper à leurs prédateurs, les *Microvelia*, petites punaises de taille millimétrique qui marchent à la surface de l'eau, sont capables d'accélérer quasi instantanément pour atteindre une vitesse de près de 20 centimètres par seconde. Et cette propulsion n'est pas due à leurs pattes, mais à un phénomène physicochimique, l'« effet Marangoni ». Étudié vers 1865 par le physicien italien Carlo Marangoni, cet effet est aussi à l'origine des « larmes » observées dans un verre de vin ou de boisson suffisamment alcoolisée.

Le bateau à savon, expérience bien connue des écoliers, est une autre illustration flagrante de la propulsion par effet Marangoni. Découpons, dans un morceau de carton plastifié (donc non perméable), la forme grossière d'un bateau avec une proue pointue et une poupe dans laquelle nous pratiquons une échancrure (voir l'illustration et l'encadré ci-contre). Posons cet objet sur l'eau calme d'une cuvette ou d'une baignoire, puis versons avec un cure-dent ou une pipette une goutte de savon liquide dans l'échancrure: le bateau se

met à avancer et poursuit son voyage durant plusieurs secondes!

Pour comprendre ce qui se passe, il faut considérer la tension superficielle de l'eau. À cause des forces intermoléculaires qui assurent la cohésion de l'eau liquide, la surface de l'eau se comporte comme une sorte de trampoline: tout se passe comme si elle constituait un film élastique, extensible et tendu.

ACTEUR PRINCIPAL: LA TENSION SUPERFICIELLE

Lorsqu'un objet est posé sur l'eau, ce film exerce sur lui une force tout le long de la ligne de contact entre l'objet et la surface. Habituellement, le liquide est homogène et alors la somme des forces exercées tout le long du contour s'annule dans le plan horizontal: l'objet reste immobile s'il l'était initialement.

Tout change lorsque l'on dépose localement une goutte de savon. Le savon contient des molécules dites « tensioactives », qui ont une « tête » hydrophile et une « queue » hydrophobe: la tête tend à être au contact de l'eau, la queue tend à s'en écarter. Déposée sur l'eau, la goutte de savon s'étale et forme à la surface une

L'effet Marangoni est responsable des larmes de vin et de la propulsion d'un petit bateau en carton à l'arrière duquel on dépose du savon liquide.

mince couche moléculaire qui en modifie les propriétés. En particulier, cette couche réduit considérablement la tension superficielle, qui peut passer d'environ 70 millinewtons par mètre pour l'eau pure à 25 pour l'eau savonneuse.

Qu'est-ce que cela implique pour le bateau de carton? À l'avant de celui-ci, l'eau est pure et sa tension superficielle tire l'objet. Pour un bateau supposé carré et large de 4 centimètres, la force exercée est d'environ 3 millinewtons. À l'arrière, en revanche, la tension superficielle est

