

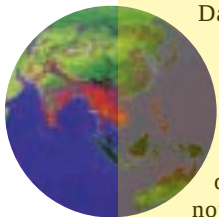
La peinture refoule les moules

Les moules et autres crustacés qui s'accrochent aux coques des navires sont une nuisance. La mise au point de peintures spécifiques, dites antifouling, est délicate, car ces peintures doivent repousser les crustacés sans les tuer, ni polluer. Les chercheurs de l'Institut de biotechnologie marine de Shimizu, au Japon, ont mis au point une telle peinture. Son ingrédient principal est la tribrogramine, un composé produit par un zooplancton qui vit sur les rochers découverts à marée basse. La tribrogramine bloque les récepteurs de la sérotonine, un neurotransmetteur utilisé par les larves de bernacles et de moules. De la même manière que la production de cette substance protège l'habitat du zooplancton des moules, la peinture antifouling à base de ce composé protège la coque des bateaux.

Un monde en flamme

Chaque année le feu ravage 71 millions d'hectare dans le monde. En 1997, la sécheresse consécutive au phénomène El Niño a amplifié le phénomène.

Dans le pays le plus touché, l'Indonésie, la végétation de plus de deux millions d'hectares est partie en fumée. Les feux actuels en Amazonie, Mexique, Grèce et Floride risquent de faire de 1998 une nouvelle année record. Les informations sur les feux dans le monde sont répertoriés sur le site internet : http://modarch.gsfc.nasa.gov/fire_atlas/fire.html.



Les chirurgiens du silence

Les malades ont conscience de mots prononcés alors qu'ils sont sous anesthésie générale. G. Lubke et ses collègues de l'Université d'Atlanta ont fait entendre des séries de mots à des patients opérés dont le degré d'anesthésie était surveillé en continu par l'analyse des signaux électriques du cerveau. Après le réveil, on présentait à ces patients des mots à compléter, tel que «dim...». Les patients à qui l'on avait fait entendre le mot «limite» pendant l'anesthésie complétait ce mot plus souvent que ceux à qui on ne l'avait pas fait entendre. Le rappel inconscient des mots est meilleur lorsqu'ils sont prononcés pendant les phases légères de l'anesthésie, mais aucun patient n'a un souvenir conscient des mots prononcés.

La réinvention du papier

Bon marché, léger, consommant peu, l'affichage électronique de demain est dans les laboratoires.

Il y a 20 ans, Nicholas Sheridon eut une grande idée, une idée que les scientifiques talentueux et chanceux n'ont qu'une fois dans leur carrière. Ce jeune chercheur imagina de représenter des images sur des écrans portables, bien moins lourds que les tubes cathodiques et bien moins chers que les écrans à cristaux liquides. En théorie, son invention possède les avantages du papier : fin, flexible et durable. Ces afficheurs électroniques consommeraient peu et pourraient cependant afficher des images indéfiniment. Ils pourraient être utilisés pour l'écriture et la lecture. Ils seraient réutilisables des millions de fois et peu onéreux. Nommant son idée *Gyricon*, N. Sheridon déposa un brevet.

Hélas, son invention n'eut guère d'écho. Il y a 20 ans, les dirigeants du Centre de recherche de la Société Xerox, à Palo Alto (PARC, soit *Palo Alto Research Center*), préparaient les innovations de la révolution informatique : le concept de fenêtre, la souris, l'imprimante laser. Ces dirigeants n'avaient aucune vision d'avenir. «Mon chef m'a dit : "[La société] Xerox n'est pas réellement intéressée par les écrans. Pourquoi n'étudieriez-vous pas les techniques d'impression ?" Et c'est ce que j'ai fait», déclare N. Sheridon.

Quinze ans plus tard, notre physicien revient à sa première inspiration et, aujourd'hui,

d'aujourd'hui, la concrétisation de ses cogitations trône sur son bureau : le logo du Centre de recherche clignote en noir et blanc. Bien qu'il s'agisse d'un prototype, l'écran carré de 15 centimètres par 15 est très lisible. Sa faible consommation est remarquable : sa seule source d'énergie est une pile solaire. De surcroît, lorsque l'alimentation est coupée, le logo se fixe, mais ne disparaît pas.

Sortant doucement l'appareil de sa gangue de protection, N. Sheridon montre sa structure : il n'est pas plus épais qu'un gant de latex et il a la même texture. Ce n'est pas une coïncidence : l'écran est fabriqué par l'insertion de minuscules sphères de plastique, de diamètre compris entre 0,03 et 0,1 millimètre, dans une crêpe de silicone fondu. Chaque bille est bicolore, moitié blanche, moitié noire. Après refroidissement, la crêpe est découpée en feuille, puis trempée dans l'huile. Comme une éponge, elle absorbe l'huile et gonfle. Ce faisant, des poches d'huile se forment autour de chaque bille, qui peuvent alors flotter et tourner librement.

Par un mécanisme dont le secret est jalousement gardé, on place sur chaque bille des charges électriques, avec un excès de charge sur l'un des hémisphères colorés. Ainsi, lorsqu'on applique une configuration de champ électrique déterminant l'image à la surface de la feuille, les billes sont soulevées de leur cellule d'huile, et pointent soit l'hémisphère noir, soit le blanc, vers le spectateur. Les billes sont ensuite relâchées dans leur cellule, au fond de l'écran. Là, elles restent immobiles, conservant l'image affichée jusqu'à ce qu'un champ électrique les déloge à nouveau. En modulant la tension, on



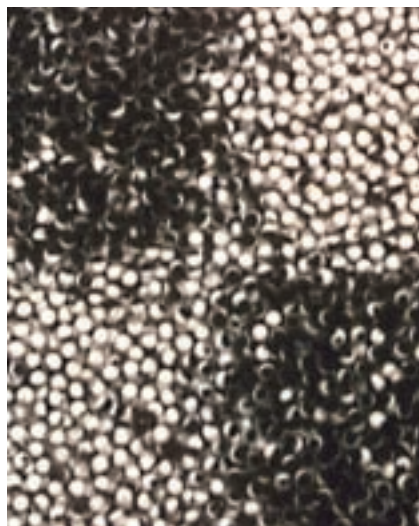
Le prototype de l'écran *Gyricon*, mis au point par la Société Xerox, a l'épaisseur de sept feuilles de papier et conserve l'affichage des mois durant, sans alimentation électrique.

peut relâcher les billes à moitié tournées, ce qui permet de reproduire les nuances de gris. Une version de l'écran avec des billes rouges et blanches a été fabriquée, et les ingénieurs travaillent aujourd'hui sur des combinaisons de billes de différentes couleurs pour reproduire le spectre visible.

Tout avait été prévu, excepté la fabrication économique de milliards de micro-billes de plastique bicolores. Pour les fabriquer aujourd'hui, on utilise un disque qui tourne à 2 700 tours par minute. Du plastique fondu blanc est injecté au centre, sur le dessus du disque, tandis que du plastique noir est injecté en dessous. Les jets de plastique filent vers le bord où ils se rejoignent et se cassent, formant des billes bicolores.

Après plus de deux ans d'utilisation et trois millions d'inscriptions et d'effacements, le *Gyricon* reste lisible. Les écrans ont une surface de 1 000 centimètres carrés et la résolution atteint 87 points par centimètre, quatre fois mieux que la plupart des écrans à cristaux liquides. Comment augmenter la résolution ? En utilisant des billes plus petites et en les compactant.

Certaines applications, tels les panneaux publicitaires de grande taille, seront commercialisables dans quelques années seulement. Les écrans *Gyricon* pourront être utilisés dans les ordinateurs portables peu après. Avec



Des microbilles de plastique bicolores, ici vues à travers un microscope, forment des images à niveau de gris contrôlé.

des piles ordinaires, un ordinateur portable fonctionnera ainsi durant des mois, car, contrairement aux écrans à cristaux liquides, l'écran *Gyricon* ne requiert ni lumière de fond, ni maintien de la tension.

Toutefois, le but réel est la fabrication d'un succédané électronique du papier. L'ingénieur Matt Howard me tend un crayon de bois branché sur une petite source de tension. À mesure que j'écris sur l'écran, le faible champ électrique transmis par le cœur de graphite du crayon noircit l'écran à l'endroit où la pointe le touche.

L'avenir d'une telle invention est difficile à prévoir. Si les dirigeants de la Société Xerox avaient été plus conquérants ou si M. Sheridan avait été plus ambitieux, le papier électronique serait-il aujourd'hui aussi répandu que la souris ? C'est possible. Aujourd'hui, le *Gyricon* a des concurrents, dont les cristaux liquides et les écrans à électrophorèse (qui utilisent de petites particules chargées d'une couleur, en suspension dans un colorant liquide d'une autre couleur). La course est lancée.

Wayt GIBBS

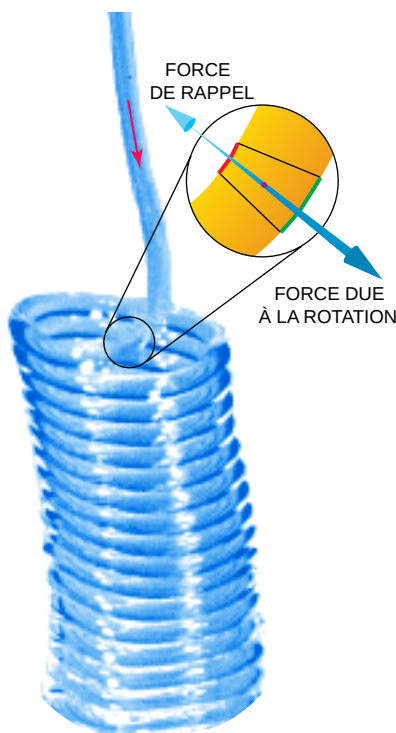
Écoulement enroulé

La physique de l'enroulement régulier d'une colonne visqueuse.

Renversons doucement une cuillère de miel sur une tartine. Après qu'un régime stationnaire s'est établi, on observe une fine colonne de miel qui s'enroule en spires superposées. L'enroulement résulte d'une instabilité qui se déclenche lorsque le miel s'écoule d'une hauteur suffisante.

On comprend comment cette instabilité se déclenche, mais pas ce qui se passe loin de son seuil de déclenchement, après que l'instabilité est déjà établie. C'est cette période que Lakshminarayanan Mahadevan et ses collègues de l'Institut

de technologie du Massachusetts ont étudié. En analysant la dynamique du phénomène, ils déduisent des lois reliant les différents paramètres de l'écoulement : la vitesse d'enroulement d'un filament de fluide en fonction de son rayon, de son débit et de sa viscosité.



Les forces qui agissent sur le filament de silicone qui s'enroule sont les forces dues à la rotation et la force de viscosité. Les forces dues à la rotation sont dirigées vers l'extérieur. Comme l'extérieur et l'intérieur d'un filament qui s'enroule vont à des vitesses différentes, l'intérieur du filament est comprimé (en rouge), tandis que l'extérieur est étiré (en vert). Comme un solide élastique courbé, le filament visqueux «cherche» à se redresser. Ainsi, la force de viscosité est analogue à une force de rappel dirigée vers l'intérieur de la boucle. Ici le débit est de un centimètre cube par seconde, le rayon du filament est égal à 0,2 centimètre, et la viscosité vaut $1,019 \times 10^3$ centimètres carrés par seconde.

Deux types de forces s'exercent sur une colonne de fluide en chute libre : les forces de gravitation et les forces de viscosité. La gravité accélère le fluide et le filet se rétrécit, ce que les forces de viscosité ont tendance à empêcher. Que se passe-t-il quand un tel écoulement est subitement freiné, quand le miel arrive sur une tartine par exemple ?

Examinons d'abord le déclenchement de l'instabilité. L'écoulement reste stable si les forces visqueuses ont le temps d'agir pendant la durée de chute du fluide. Pour le vérifier, on compare le temps de relaxation visqueuse, qui mesure le temps nécessaire pour que les forces de viscosité agissent, au temps de chute libre, c'est-à-dire la période entre le moment où le miel quitte la cuillère et le moment où il arrive sur la tartine.

Lorsque le temps de relaxation visqueuse est inférieur au temps de chute libre, comme c'est le cas pour un filet d'eau, le filet s'étale rapidement au moment de l'impact, laissant de la place pour le fluide qui arrive : l'écoulement reste axial, sans formation de spires. En revanche, lorsque ces deux temps sont comparables, comme c'est le cas pour un filet de miel, la colonne au voisinage de la table ne s'étale pas assez vite pour laisser la place au fluide qui arrive et l'équilibre est brisé : dans une petite région, près de la tartine, le filet s'enroule en spires. Pour du miel, cette condition