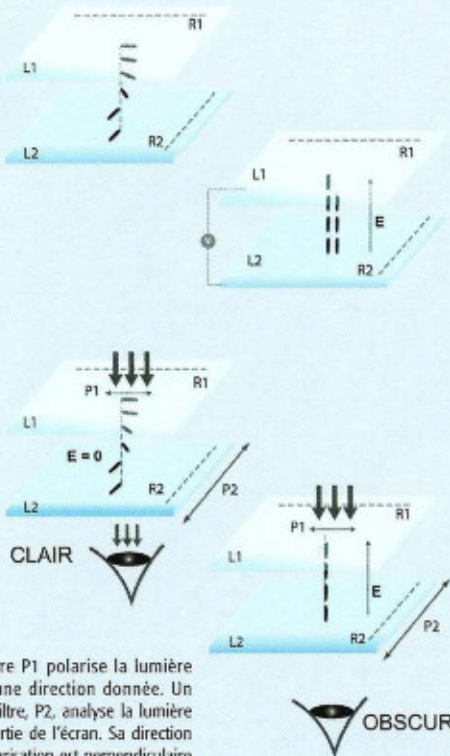


Principe de fonctionnement d'un écran LCD



Un filtre P1 polarise la lumière dans une direction donnée. Un autre filtre, P2, analyse la lumière à la sortie de l'écran. Sa direction de polarisation est perpendiculaire à celle de P1.

montre pendant deux ans ! En d'autres termes, un très faible courant électrique suffit à modifier les propriétés optiques des cristaux liquides.

Il existe d'autres types de cristaux liquides, qualifiés de smectiques. Ces molécules s'organisent différemment, en couches parallèles. Les cholestérols et les savons adoptent cette configuration, très récurrente dans la nature.

INTERFACES

SAVONS

Comme tous les liquides, l'eau possède une énergie de surface, appelée tension superficielle. Elle correspond à l'énergie qu'il faudrait fournir pour augmenter la surface de liquide de 1 m². Les molécules d'eau préfèrent en effet rester en contact avec leurs homologues plutôt que d'être mises en contact avec l'air : il faut de l'énergie pour les maintenir à la surface.

L'ajout de molécules de savon dans l'eau diminue radicalement cette énergie de surface. On dit que le savon est une molécule amphiphile, qui engendre un effet tensioactif.

Il en existe d'autres : les lipides qui constituent nos cellules, les émulsifiants, les agents mouillants, etc. Ces molécules se caractérisent par une « tête » hydrophile, généralement un groupe ionique, et une « queue » hydrophobe, qui est souvent une chaîne carbonée.

Quand on les plonge dans l'eau, les molécules de savon s'organisent à la surface et forment une monocouche. Les têtes polaires plongent dans l'eau, les chaînes hydrophobes se dressent en l'air, serrées les unes contre les autres. Cette barrière entre l'air et l'eau abaisse naturellement l'énergie de surface du liquide. Les molécules d'eau n'ont plus « peur » de migrer en surface. On peut alors former des films d'eau très fins, environ un micromètre : les **bulles**.



Les tensioactifs servent également à fabriquer des émulsions, comme la mayonnaise. C'est un mélange a priori improbable d'huile et d'eau, contenue dans le jaune d'œuf. C'est grâce à la lécithine, un lipide contenu également dans le jaune d'œuf, que ces deux substances peuvent se mélanger. Ce tensioactif s'organise en micelles : les chaînes carbonées pointent toutes vers quelques molécules d'huile, qui se retrouvent emprisonnées au centre d'une sphère lipidique. Les têtes, réparties en surface, rendent cette sphère hydrophile.

LIPIDES ET MEMBRANES.

Quand la surface de l'eau est saturée, les molécules amphiphiles trouvent une autre manière de s'organiser : elles forment des double couches. Les chaînes se placent tête-bêche. Les membranes de nos cellules sont constituées de ces bicouches minces et fluides.

LA GASTRONOMIE MOLÉCULAIRE

La « gastronomie moléculaire », c'est la science de la cuisine. Le terme a été inventé par Nicholas Kurti, physicien d'Oxford, et Hervé This, physico-chimiste français. Cette discipline décrit du point de vue physico-chimique ce qui se passe dans les casseroles. Ces connaissances fondamentales ont libéré la créativité de certains chefs, comme le catalan Ferran Adrià à la tête du restaurant El Bulli. Il faut patienter plusieurs mois avant de déguster ses plats aux textures et saveurs surprenantes : mousse de betteraves, bonbons d'olive noire ou gelée de pommes épicées lui valent une réputation mondiale.

DÉSORDRE

Les systèmes désordonnés, comme le tas de sable et les **avalanches**, ont



intéressé les physiciens de la matière molle dès 1975. En 1998, la très sérieuse revue scientifique *Nature* publiait un numéro consacré aux... châteaux de sable ! Ces objets communs, dont tout le monde a expérimenté la fragilité, n'ont été décryptés par les scientifiques que très tardivement. On sait désormais que l'équilibre eau-air-grains qui régit ces systèmes est très subtil et fragile. Il suffit de peu pour perturber et modifier le comportement du sable. Ce matériau est en effet suffisamment solide pour que l'on puisse marcher dessus, mais peut aussi s'écouler comme un liquide...

BIOPHYSIQUE

L'**ADN** est la molécule de l'hérédité. La découverte en 1953 par James Watson



et Francis Crick de sa structure en double hélice a révolutionné la biologie. Aujourd'hui on sait que sa structure est constamment modifiée, par des phénomènes loin d'être visibles à l'œil nu... Là encore on parle de matière molle.

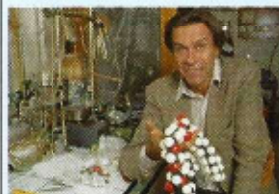
De manière plus générale, beaucoup de physiciens héritiers de la matière molle et de biologistes travaillent aujourd'hui ensemble. On parle d'interface physique/biologie ou de biophysique. Par exemple, au sein des laboratoires de recherche contre le cancer, on étudie le fonctionnement de la cellule,

qu'elle soit normale ou cancéreuse. On explique notamment le fonctionnement des moteurs moléculaires grâce aux concepts de la physique de la matière molle : les mouvements individuels de quelques molécules sont à l'origine de la conversion d'une forme d'énergie (le plus souvent chimique) en travail. Dans la nature, ces moteurs sont à l'origine de tous les mouvements des êtres vivants. Ils seraient aussi des composants importants d'éventuelles nanomachines.

INNOVATION

« Notre espèce a travaillé d'abord les objets durs : le silex, le bronze, la pierre, la brique ou même le bois. Mais elle a vite éprouvé le besoin de nuances ; de matériaux souples : des cuirs, des fibres naturelles, des cires et des empois. [...] De même, la physique de la matière au xx^e siècle s'est d'abord consacrée aux matériaux durs : les métaux, les semi-conducteurs, et plus récemment les céramiques. Mais l'évolution récente va vers la matière molle. » constate Pierre-Gilles de Gennes dans son ouvrage *Les objets fragiles* en 1992. Une communauté pluridisciplinaire de physiciens s'est en effet formée pour étudier cette matière « mal » condensée. Elle rassemble des mécaniciens, des physico-chimistes, des statisticiens et même des biologistes. La matière molle est une discipline aux contours relativement flous. En anglais, on parle d'ailleurs de *soft matter*, qui signifie « matière douce »... Cette physique « mal définie » concerne et intéresse donc de plus en plus de chercheurs. On recense aujourd'hui en France une centaine de groupes de recherche actifs sur la matière molle.

PIERRE-GILLES DE GENNES (1932-2007)



Pierre-Gilles de Gennes est né le 24 octobre 1932 à Paris et mort le 18 mai 2007 à Orsay. Ce physicien a toujours tenté de comprendre l'ordre et le désordre tels qu'ils se présentent dans la nature. Cette quête lui vaut le prix Nobel, en 1991, pour ses travaux sur les cristaux liquides et les polymères. Ce grand vulgarisateur avait à cœur de partager son savoir et son expérience avec les plus jeunes, en faisant toujours un bon schéma et des figures explicatives. Il consacrait d'ailleurs une part importante de son temps libre à la peinture et au dessin. Après avoir reçu le Prix Nobel, il réfléchit au rôle social du scientifique et à la façon d'enseigner les sciences. Pierre-Gilles de Gennes fut par ailleurs directeur de l'École Supérieure de Physique et Chimie Industrielles de Paris, membre de l'Académie des Sciences et professeur honoraire au Collège de France.

permanent, tout en restant parallèles, comme un banc de poissons : c'est un liquide. La direction qu'adoptent les cristaux est quelconque. On peut néanmoins l'imposer en rayant le fond du récipient qui contient les cristaux liquides : ils s'alignent parallèlement à la rayure.

ÉCRANS LCD

D'autres propriétés des cristaux liquides, électriques et optiques, ont permis la mise au point des **écrans LCD**. Des cristaux liquides nématiques



sont emprisonnés entre deux lames de verre, rayées dans deux directions perpendiculaires.

Près de la lame L1, les cristaux s'orientent parallèlement à la rayure R1, tandis que près de la lame L2 elles s'orientent selon la direction de R2. Entre les deux lames, il se forme donc une hélice. Cet arrangement s'appelle une **plage tordue**.

Par ailleurs, lorsqu'on applique une tension électrique entre les deux lames de verre, on produit un champ électrique. Les molécules adoptent une nouvelle configuration : elles s'alignent dans la direction de ce champ électrique, perpendiculairement aux deux plaques de verre. Quand les cristaux sont orientés

perpendiculairement aux plaques de verre, une lumière polarisée traverse le milieu sans modification de polarisation. Le filtre P2 ne laisse pas passer cette lumière. L'écran paraît noir. À l'inverse, quand une lumière traverse des cristaux disposés en **plage tordue**, sa direction de polarisation change. Elle suit la direction des cristaux, comme notre corps tourne quand nous descendons un escalier à vis. Le filtre P2 laisse passer cette lumière. L'écran paraît clair.

Un écran LCD est divisé en un nombre fini de pixels. Chaque pixel est commandé électriquement. Il peut donc laisser passer la lumière ou l'arrêter, selon qu'on applique un champ électrique ou pas. On contrôle ainsi l'affichage en noir ou en blanc. Il est possible d'obtenir une gamme de gris en faisant varier graduellement le potentiel électrique entre les deux plaques.

Pour obtenir un affichage en couleur, il faut tripler le nombre de cellules électriques et recouvrir chaque pixel d'un filtre coloré rouge, vert ou bleu.

LIMITES

Depuis l'invention de ce principe par W. Helfrich dans les années 1970, de nombreuses améliorations ont permis la démocratisation des écrans LCD.

Elles ont porté sur la diminution du temps de réponse des cristaux liquides, l'augmentation de l'angle de vision (qui dit filtre polarisant dit limite d'angle de vue), le contraste, etc.

Les cristaux liquides ont sans hésitation été qualifiés de matière molle car une simple pile permet d'alimenter une