

IDÉES DE PHYSIQUE

Des valves à lumière dans les écrans

Comment fonctionnent les écrans à cristaux liquides, ou LCD ?

Le principe consiste à contrôler la polarisation de la lumière, au moyen d'un champ électrique appliqué aux cristaux.

Jean-Michel COURTY et Édouard KIERLIK

Chaussez des lunettes polarisantes et regardez votre écran de télévision, de tablette ou de téléphone mobile : l'écran s'assombrit. Pourquoi ? Parce que, comme nous allons le voir, la lumière qui émerge des pixels actifs de l'écran est elle-même polarisée, mais dans une direction différente de celle des lunettes.

En fait, les pixels des écrans actuels constituent des « valves » qui bloquent ou laissent passer de la lumière émise en permanence à l'arrière de l'écran. Ces valves fonctionnent grâce à un champ électrique qui établit un lien entre deux propriétés *a priori* bien éloignées : la polarisation de la lumière et l'orientation des molécules organiques dont sont constitués les « cristaux liquides ». Quel est ce lien ?

Des molécules orientables à volonté

Commençons par les cristaux liquides, plus précisément ceux qualifiés de nématiques. Ces liquides sont composés de molécules organiques allongées, sans ordre dans leurs positions, mais avec la même orientation (comme des allumettes dans une boîte). Leurs propriétés physiques, et notamment électriques et optiques, dépendent donc de la direction considérée par rapport à cette orientation privilégiée, comme dans un solide cristallin.

Au début du XX^e siècle, le physicien français Charles-Victor Mauguin a découvert qu'il

était possible de contrôler mécaniquement cette orientation. En effet, quand les molécules du cristal liquide sont au contact d'une surface striée, elles s'alignent dans la direction des stries. Les forces intermoléculaires ont alors pour résultat d'orienter l'ensemble des molécules du liquide parallèlement aux molécules en contact avec la surface.

Plus subtilement, si l'on coince une couche de cristal nématique entre deux surfaces, l'une striée dans une direction, l'autre striée dans la direction perpendiculaire, on obtient un cristal nématique dit



Dessins de Bruno Vazaro

LES ÉCRANS D'AFFICHAGE à cristaux liquides comportent deux films polarisants. La lumière qui en émerge est de polarisation rectiligne. Si l'on retire le film polarisant externe d'un écran allumé, la partie découverte apparaît uniformément éclairée.

torsadé : l'orientation des molécules varie continuellement le long de l'épaisseur de la couche, en adoptant la structure d'une hélice qui fait un quart de tour. Nous verrons que cette structure joue un rôle crucial dans les dispositifs d'affichage.

Intéressons-nous maintenant à la lumière, et plus précisément à sa polarisation. Comme toutes les ondes électromagnétiques, une onde lumineuse est formée d'un champ électrique et d'un champ magnétique qui oscillent de concert en se propageant. Les deux champs sont perpendiculaires entre eux et à l'axe de propagation. Par définition, la polarisation caractérise la direction du champ électrique.

Pour la plupart des lumières (naturelle ou d'une lampe à filament), cette direction est aléatoire et varie sans cesse au cours du temps. On parle de lumière non polarisée.

Dans certaines situations, en revanche, la direction de polarisation est fixe. On parle alors de polarisation rectiligne. Le moyen le plus simple d'obtenir une polarisation rectiligne est d'utiliser un filtre polarisant (à base de matériaux cristallins). Ce polariseur laisse intégralement passer la lumière lorsque le champ électrique de cette dernière est parallèle à une direction donnée (l'axe du polariseur) et l'absorbe totalement si le champ est porté par l'axe perpendiculaire. Ainsi, lorsque de la lumière non polarisée traverse un polariseur, elle se polarise selon l'axe de ce dernier.

Comment changer la direction de polarisation de cette lumière ? Si l'on place un