

**Activité documentaire : Les cristaux liquides**

**Document n°1 : Un siècle, de leur découverte à leur utilisation**

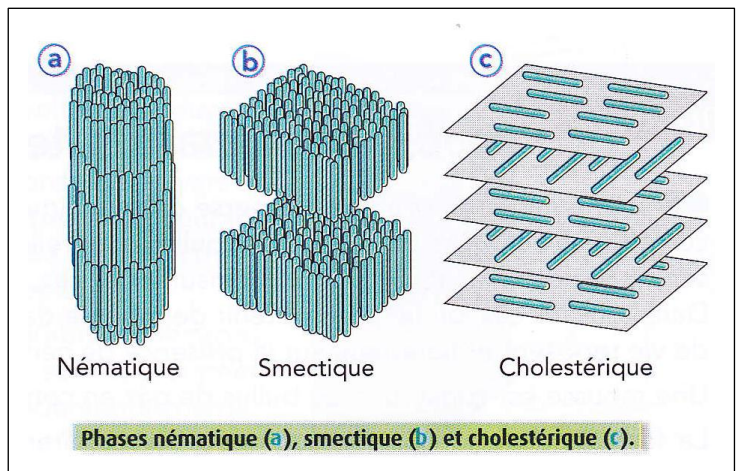
En 1888, le botaniste autrichien F.REINITZER étudie les réactions du benzoate de cholestéryl quand il note que ce composé a deux points de « fusion » différents : à 149°C, ce solide devient un liquide opaque, à 179°C, il devient transparent. Le premier cristal liquide vient d'être observé. C'est en 1970 qu'un français, Pierre-Gilles de Gennes, établissait de domaine comme un nouveau domaine de la physique, ce qui lui valut le prix Nobel en 1991.

En 1971, la société suisse Hoffmann-Laroche met au point le premier panneau à cristaux liquides. Puis, ils font leur apparition dans les montres et les calculatrices. Il faut attendre 1985 pour que soit présenté le premier écran plat (liquid crystal display, ou LCD) utilisable dans un micro-ordinateur.

**Document n°2 : Un nouvel état de la matière aux multiples applications**

Un cristal liquide est un état de la matière, état mésamorphe, qui présente à la fois des caractéristiques des liquides et des solides. Il est souvent constitué de molécules organiques dissymétriques, généralement polaires, relativement « rigides », allongées en bâtonnets ou en forme de disques qui, selon les conditions expérimentales (température, action d'un champ électrique, etc...) peuvent se déplacer et s'orienter parallèlement les unes aux autres donnant ainsi un ordre local, comme dans un solide.

Les cristaux liquides se présentent sous trois phases différant par l'arrangement des molécules. Dans la phase nématique (du grec nema, « fil »), les molécules ont une orientation selon un axe donnée ; dans la phase smectique (du grec smegma, « savon »), les molécules sont ordonnées en couches, comme dans le savon ; dans la phase cholestérique, l'orientation des molécules est unique dans chaque plan, mais varie d'un plan à l'autre conduisant à une structure en hélice dont le pas dépend de la température.



Les molécules des cristaux liquides étant polaires, on peut faire varier leur orientation à l'aide d'un champ électrique, ce qui modifie leurs propriétés optiques. C'est le cas dans les écrans plats LCD.

Certains vitrages contiennent des cristaux liquides nématiques, sous formes de fines gouttelettes incluses dans un polymère maintenu entre deux plaques de verre recouvertes d'une très fine couche métallique. Ce vitrage à opacité variable passe d'un état laiteux en l'absence de tension, à un état transparent lorsqu'il est sous tension.

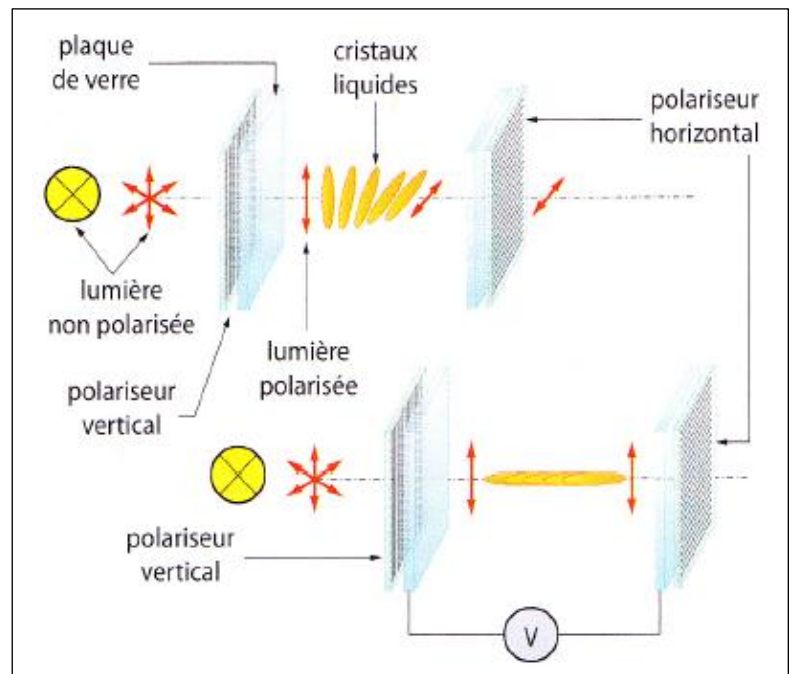
La lumière réfléchiée par les cristaux cholestériques est liée à leur couleur ; comme celle-ci dépend de la température, ces cristaux sont utilisés dans les thermomètres à contact. Afin d'éviter la contrefaçon, l'encre utilisée pour imprimer des billets de 50 euros et plus contient des cristaux cholestériques dont la couleur change avec l'angle d'incidence de la lumière.

### Document n°3 : Effet de la tension

La lumière « naturelle » (non polarisée) peut être décrite comme une onde qui vibre dans toutes les directions, perpendiculairement à sa direction de propagation. Une lumière polarisée ne vibre que dans une seule direction. Ce type de lumière peut être obtenu grâce à un polariseur, ou filtre polarisant. Un polariseur ne laisse passer la lumière que selon une certaine direction de vibration.

Les cristaux liquides ont la propriété de faire varier la direction de polarisation de la lumière selon la façon dont ils sont eux-mêmes orientés.

Entourés de polariseurs, ils peuvent donc laisser passer ou non la lumière.



### Document n°4 : La formation des pixels pour un écran LCD ( figure 4 p145)

Un écran LCD couleur est constitué de pixels comportant chacun 3 zones correspondant aux couleurs primaires du codage RVB.

Chaque zone est commandée par une tension. Dans chaque zone, selon la tension appliquée, les cristaux liquides laissent passer plus ou moins la lumière.

- 1°> Pourquoi les cristaux liquides sont-ils nommés ainsi ?
- 2°> Comment peut-on modifier les propriétés des cristaux liquides ?
- 3°> Donner des utilisations courantes des cristaux liquides.
- 4°> Quelle propriété des cristaux est modifiée quand ils sont soumis à une tension électrique ?
- 5°> a. Sur la figure du document 4 (voir livre), quel est le pixel le plus lumineux ?  
b. Comparer l'orientation des cristaux liquides et l'intensité lumineuse transmise.  
c. Quel est l'intérêt d'utiliser des cristaux liquides dans un écran LCD ?

### Exercice : Les thermomètres frontaux à cristaux liquides

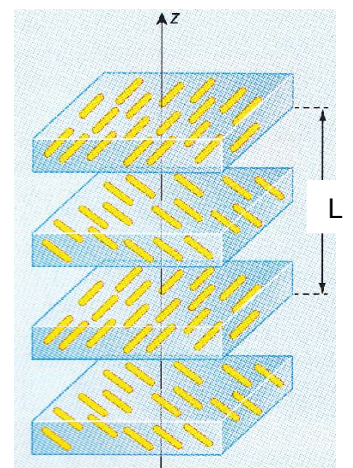
#### Document n°1 : Composition de la bande sensible du thermomètre frontal

La bande d'un thermomètre frontal est constituée de cellules contenant des cristaux liquides dont la composition varie. Chaque cellule porte un chiffre « 36 », « 37 », etc. Lorsque le corps avec lequel est en contact le thermomètre est à 38°C, la cellule « 38 » devient colorée, les autres restent noires.

La bande sensible du thermomètre est composée de cristaux liquides « cholestériques » : ce sont des molécules allongées (représentées par des bâtons sur la figure ci-contre), disposées parallèlement les unes aux autres dans des plans perpendiculaires à un axe Oz. D'un plan à l'autre, la direction des molécules varie d'un angle fixe. Le « pas » désigne la distance L entre les plans les plus proches où les molécules pointent dans une direction commune. Lorsqu'une onde lumineuse monochromatique de longueur d'onde  $\lambda$  se dirige selon l'axe Oz vers les cristaux liquides, la lumière est réfléchiée par les différents plans et les ondes lumineuses interfèrent. Il y a deux types d'interférences :

- les interférences destructives : on observe de la lumière, c'est-à-dire qu'il existe un entier k tel que  $2nL = k\lambda$ , où  $n = 1,50$  désigne l'indice de réfraction moyen du milieu.

- les interférences constructives : on n'observe pas de lumière, l'intensité lumineuse est nulle.



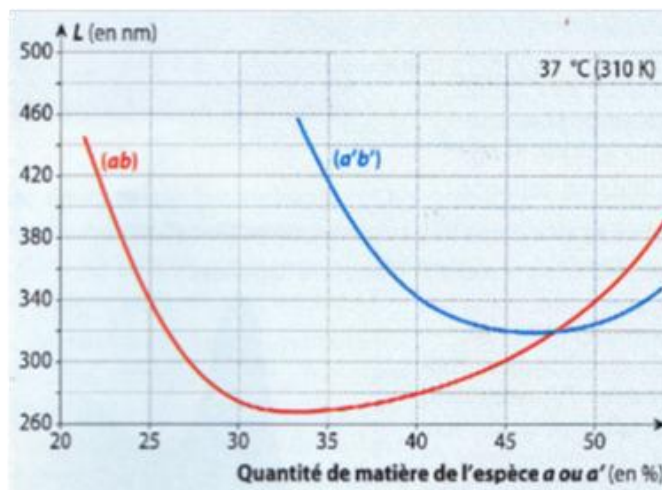
## **Document n°2 : Dépendance du pas avec la composition et la température du cristal liquide**

Si la bande sensible du thermomètre est un mélange de deux cristaux liquides, le pas  $L$  dépend de la composition du mélange. Sur le graphique ci-contre, le mélange (ab) est composé des molécules a et b et le mélange (a'b') est composé des molécules a' et b'.

Le pas  $L$  dépend aussi de la température  $T$ .

Par exemple :

- quelle que soit la composition du mélange (ab),  $L(40^\circ\text{C}) = 0,68L(37^\circ\text{C})$
- quelle que soit la composition du mélange (a'b'),  $L(40^\circ\text{C}) = 0,74L(37^\circ\text{C})$



## **Document n°3 : Loi de Wien**

Le spectre de la lumière qui nous parvient du Soleil est continu, mais présente un maximum d'émission pour une longueur d'onde dans le vide  $\lambda_{\text{max}}$  telle que  $\lambda_{\text{max}} \cdot T = 2898 \mu\text{m} \cdot \text{K}$  de surface du corps émetteur. La température de surface du Soleil est  $5,80 \cdot 10^3 \text{ K}$ .

### **Questions :**

- 1°>** On modélise dans cet exercice la lumière qui parvient sur le thermomètre comme une lumière monochromatique de longueur d'onde  $\lambda = 500 \text{ nm}$ . Justifier et retrouver cette valeur à partir des documents.
- 2°>**
  - a.** A  $37^\circ\text{C}$ , dans le cas du mélange (ab),  $L$  est susceptible de varier entre 260 nm et 440 nm, montrer qu'une lumière réfléchie est observable pour une seule valeur du pas  $L$  et ainsi pour deux compositions différentes du mélange à déterminer.
  - b.** Même question dans le cas du mélange (a'b') où  $L$  est susceptible de varier entre 320 nm et 460 nm.
- 3°>** Le bon fonctionnement du thermomètre suppose que l'indication « 40 » apparaisse à  $40^\circ\text{C}$  sans que l'indication « 37 » ne soit visible. Quel mélange utiliser dans la cellule « 40 » et en quelle proportion ?
- 4°>** Proposer une synthèse sur le fonctionnement d'un tel thermomètre.