

LC3 : Cristaux liquides

Lucie Marpaux

Biblio :

- https://bupdoc.udppc.asso.fr/consultation/article-bup.php?ID_fiche=22226
- 400 manipulation commentées de chimie organique (autre synthèse de cristaux liquide mais moins développée)
- Wikipédia (intro)
- La physique par les objets du quotidien (Ray) (des petits schémas et explications plus simples)
- H prépa chimie des matériaux inorganiques
- Gerschel

Activités liées

- TP du 400 manipulation commentées

Voir toutes les illustrations sur le site.

Introduction

Les propriétés des cristaux liquides furent découvertes par Reinitzer en 1888. Il a découvert que le benzoate de cholestéryle présentait deux points de transition distincts appelés points de fusion et de clarification. En utilisant le point de fusion comme un indicateur important de la pureté de la substance, il observe l'existence de deux points de fusion et l'évolution de la substance en un liquide trouble puis coloré et enfin transparent. Il pense d'abord à la présence d'impuretés, mais la purification de la substance ne change rien au phénomène observé. Il découvre ainsi un comportement étrange (existence de deux points de fusion, réflexion de la lumière polarisée circulairement et capacité à faire tourner le plan de polarisation de la lumière) dont il fait part à Lehmann

1 Description des cristaux liquides

1.1 Définitions

Un état mésomorphe (ou mésophase) est un état de la matière dans lequel le degré d'ordre des molécules est intermédiaire entre celui rencontré à l'état solide (où les molécules sont parfaitement ordonnées à longue distance) et les états liquide, gazeux ou amorphe (où il n'existe pas d'ordre à longue distance des molécules).

Un état cristal liquide se définit alors comme un état mésomorphe pour lequel il existe un ordre d'orientation à longue distance des molécules (celles-ci s'auto-organisent), mais un ordre de position partiel voire nul des molécules. On appelle finalement cristal liquide, une substance qui est dans un état cristal liquide

1.2 Les différents types de cristaux liquides

- Les thermotropes pour lesquels les états mésomorphes sont induits (il y a changement de phase) par un changement de la température. Ce type de cristal liquide est constitué de molécules organiques mésogènes dans une certaine gamme de température et possède une forte capacité d'orientation de toutes molécules dissoutes en solution.
- Les lyotropes pour lesquels les changements de phases sont induits par la présence d'un solvant et un changement de la concentration, mais aussi de la température. Ce type de cristal liquide est constitué de composés ne possédant pas intrinsèquement de propriétés mésogènes (molécule à l'origine d'une mésophase), mais qui dans certaines conditions de concentration et de solvant possèdent la capacité de s'organiser.
- Les métallotropiques qui sont des substances constituées de mésogènes organiques et inorganiques et pour lesquelles les mésophases sont induites par un changement de température, de concentration, mais aussi de composition (en particulier du rapport organique/inorganique)

On peut par exemple se limiter aux thermotropes :

1.3 Classement en fonction de leurs morphologies

- Les phases sont qualifiées de calamitiques (du grec calamos qui signifie roseau) lorsqu'elles sont constituées de mésogènes ayant une forme de bâtonnet
- Les phases sont qualifiées de discotiques lorsqu'elles sont constituées de mésogènes ayant une forme de disque

On a ensuite des noms selon le degré d'ordre dans la phase :

- La phase nématique (du grec nêmatos qui signifie fil) est une mésophase dans laquelle les molécules possèdent uniquement un ordre d'orientation, mais pas de position
- La phase nématique cholestérique lorsque les mésogènes sont chiraux et qu'ils peuvent s'arranger sous forme d'hélice.
- La phase smectique est une mésophase dans laquelle les molécules s'organisent sous forme de couches et possèdent donc au moins un ordre de position en plus de l'ordre d'orientation. Elles sont donc plus organisées que les phases nématiques et en cela plus proche de l'état solide. Là encore, les molécules sont mobiles, mais sont organisées selon un axe directeur dans chaque couche et ne peuvent pas passer

d'une couche à l'autre. Puis selon l'orientation des mésogènes (molécules à l'origine de la mésophase) on ajoute une lettre (A, C..)

- La phase smectique notée C* lorsque les molécules sont chirales et que cela induit une torsion d'orientation entre chaque couche
- Les phases colonnaires lorsque les molécules vont s'empiler les unes sur les autres. Ces phases peuvent être de géométrie variable : verticale, oblique, hexagonale...

Les molécules associées (mésogènes) provoquant ces phases ont des propriétés bien définies : Avec des parties rigides (souvent aromatique (donc polaire et polarisable), mais il peut s'agir également d'un cycle rigide de type cyclohexane ou dérivée du camphre) et des parties flexibles (généralement des chaînes aliphatiques (apolaire et peu polarisable) ou des fonctions ester (polaire et polarisable)). La partie centrale est toujours rigide sinon des flexions surviendraient et empêcheraient la formation de mésophases.

2 Propriétés des cristaux

2.1 Transition de phase

Pour un composé possédant un état cristal liquide thermotrope, il existe, partant du solide cristallin, un premier changement d'état entre ce même état et l'état cristal liquide où on rompt les liaisons faibles à l'origine de la cohésion du système. Le second changement d'état s'effectue entre l'état cristal liquide (N ou N*) et l'état liquide (isotrope) et s'opère à la température dite de clarification et notée T_i .

2.2 Biréfringence

Les cristaux liquides étant constitués de mésogènes anisotropes (tant géométriquement que chimiquement) auto organisés, il en résulte une propagation anisotrope de la lumière dans ces substances : la biréfringence. Lorsque la lumière polarisée provenant du premier polarisateur traverse un cristal liquide, elle se dédouble en deux rayons de polarisation différente. Du fait de la biréfringence, un déphasage se produit entre les deux polarisations, entraînant une polarisation elliptique de la lumière. Ainsi, lors du passage dans le deuxième polarisateur, il existe une composante suivant l'orientation du polarisateur qui permet le passage de lumière avec une intensité donnée. Pour un matériau et une orientation donnés, le déphasage dépend de l'épaisseur de l'échantillon pris entre les deux polarisateurs mais aussi de la longueur d'onde du faisceau incident. Ceci explique que pour une lumière polychromatique (la lumière blanche par exemple) on récupère une lumière colorée. En effet, la couleur du faisceau sortant correspond à la complémentaire des couleurs pour lesquelles les longueurs d'onde obtiennent un déphasage nul.

3 Application : Synthèse de cristaux liquides

Synthèse, analyse, illustration de la transition de phase et application pratique à la fabrication d'un écran LCD dans le BUP (dernière partie). Pour l'explication de l'écran CCD illustration pas mal sur Wikipédia.

4 Conclusion

Ouverture : Le domaine le plus ancien d'utilisation des cholestériques comme détecteurs de température est le domaine médical. On cherche en général à obtenir une cartographie des températures de la peau pour déceler des anomalies. Il est par exemple possible de détecter des tumeurs, celles-ci entraînant une élévation de température qui est fonction de leur taille, profondeur, nature

5 Remarque

De Gennes obtient le prix Nobel de physique en 1991 pour avoir découvert que les méthodes développées pour l'étude des phénomènes d'ordre dans les systèmes simples peuvent être généralisées à des formes plus complexes de la matière, en particulier aux cristaux liquides et aux polymères.