

Substances biréfringentes

polarisation d'une onde – polariseur – biréfringence – vitesse de la lumière – couleurs

Au moyen de deux polariseurs, on peut déterminer si une substance transparente modifie la polarisation de la lumière.

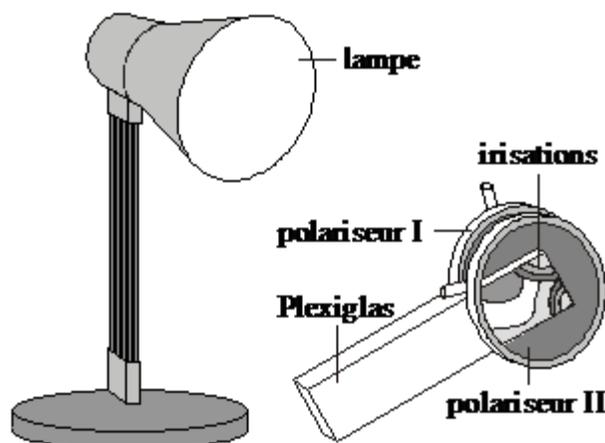


Figure 1



Matériel

- 2 polariseurs qui polarisent rectilignement ;
- de petits morceaux de différentes matières plastiques transparentes, par exemple du Plexiglas, des feuilles de plastique ou du ruban adhésif transparent.



Montage et réalisation

Observer une source de lumière à travers deux polariseurs superposés. Aucune lumière ne peut les traverser lorsque leurs axes de polarisation sont perpendiculaires entre eux. Introduire alors un petit morceau de Plexiglas entre les polariseurs : le morceau de Plexiglas présente des zones de différentes couleurs (voir la figure 1). Les motifs colorés se modifient lorsqu'on plie le Plexiglas ou lorsqu'on le tord. On peut projeter ces jeux de couleurs sur un écran en utilisant un rétroprojecteur comme source lumineuse : le phénomène peut alors être observé par un public plus nombreux. De nombreuses autres matières plastiques transparentes rigides ou souples présentent le même comportement que le Plexiglas.

Essayons avec du ruban adhésif. Il existe plusieurs sortes de ruban adhésif, certains biréfringents, d'autres non. On peut tester celui que l'on possède en glissant un morceau entre les deux polariseurs croisés. Si la lumière revient, alors ce ruban est biréfringent et convient pour l'expérience.

Empiler alors des morceaux de ruban les uns sur les autres en changeant leur orientation à chaque fois et en les décalant pour former une sorte d'étoile. On peut éventuellement utiliser comme support une petite plaque de verre plate. Observer alors ce « vitrail magique » entre les deux polariseurs. De multiples couleurs apparaissent dans les différents domaines de la figure

Faire ensuite tourner l'un des deux polariseurs et observer que les teintes changent et évoluent vers leur teinte complémentaire. Si on laisse les polariseurs fixes mais que l'on fait tourner le « vitrail », les teintes restent les mêmes, mais c'est leur saturation qui est modifiée.



Explications

Une lame dans laquelle la vitesse de propagation de la lumière dépend de sa direction de polarisation est dite biréfringente. Il existe sur une telle lame deux directions orthogonales privilégiées appelées axe lent et axe rapide. Un faisceau de lumière dont la direction de polarisation est parallèle à l'un des deux axes conserve sa polarisation rectiligne à la traversée de la lame, mais celui qui est polarisé selon l'axe rapide a une vitesse de propagation dans la lame plus élevée.

Si on appelle v_1 et v_2 ces deux vitesses, on peut alors dire de la lame possède deux indices suivant la direction de polarisation de la lumière qui s'y propage. On a alors :

$$v_1 = \frac{c}{n_1} \text{ et } v_2 = \frac{c}{n_2}, \text{ où } c \text{ est la vitesse de la lumière dans le vide.}$$

L'indice le plus élevé correspond à la vitesse la plus basse et donc à l'axe lent. L'indice le plus bas correspond à la vitesse la plus élevée et donc à l'axe rapide.

Si le premier polariseur a une direction quelconque par rapport aux axes de la lame, la lumière qui arrive sur la lame se divise en deux composantes polarisées orthogonalement qui traversent alors la lame à des vitesses différentes. À la sortie de la lame, ces deux composantes ne sont plus en phase. Elles se superposent alors en interférant et la polarisation résultante dépend du déphasage entre les deux composantes (dans le cas général, c'est une polarisation elliptique).

Comme le déphasage dépend lui-même de la longueur d'onde, les différentes composantes de la lumière blanche, qui avaient la même polarisation (rectiligne) avant la traversée de la lame, ressortent avec des polarisations toutes différentes :

$$D_j = \frac{2\pi}{\lambda} (n_1 - n_2) e, \text{ où } e \text{ est l'épaisseur de la lame.}$$

Le deuxième polariseur filtre la lumière transmise en fonction du déphasage, donc en fonction de la longueur d'onde. La superposition produit alors une teinte donnée. Toute rotation des polariseurs ou de la lame, entraînant une sélection différente des longueurs d'onde, produit alors une modification de la teinte transmise.

La biréfringence $n_1 - n_2$ du Plexiglas dépend des tensions qui existent à l'intérieur du matériau. Comme ces tensions ne sont pas partout les mêmes dans le matériau, la modification de la polarisation de la lumière qu'elles entraînent ne sera pas partout la même. Le morceau de Plexiglas n'apparaîtra donc pas d'une couleur uniforme. Les couleurs dépendront des tensions à l'intérieur du matériau. Si l'on provoque une variation des tensions internes en exerçant des contraintes extérieures, on verra alors le motif coloré se modifier.

Dans le cas du ruban adhésif, c'est l'étirement de la feuille plastique dans le procédé de fabrication qui lui confère sa biréfringence. D'autres procédés de fabrication existent où le plastique ne subit aucune contrainte et produisent donc du ruban non biréfringent. C'est pour cela qu'il est nécessaire de tester son ruban

adhésif avant de réaliser son « vitrail ».



Remarques

Cette méthode permet de visualiser sur un modèle en Plexiglas les tensions qui apparaissent dans une pièce mécanique soumise aux mêmes contraintes (voir figure 2).

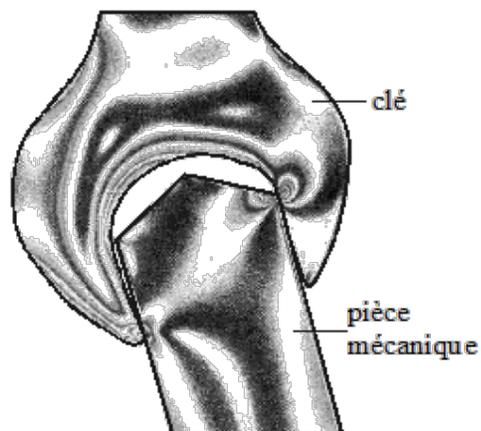


Figure 2



Références bibliographiques

Bublath, J. : Das neue Knoff-Hoff Buch, Wilhelm Heyne Verlag, München 1989