

## Biréfringence du scotch

par M. CHAPELET,

11 bis, rue E.-Psichari, 78150 Le Chesnay.

Quand on dispose du scotch entre deux polariseurs, on observe des teintes magnifiques. Les parties 1, 2, 4 présentent le matériel et des expériences simples et démonstratives. Enfin, les calculs et l'interprétation constituent la troisième partie.

### 1. MATERIEL.

Sur une plaque de verre mince (de microscope ou de diapositive sous verres), on dispose à  $45^\circ$  (fig. 1) un morceau de scotch ordinaire de 30 mm de long, découpé soigneusement.

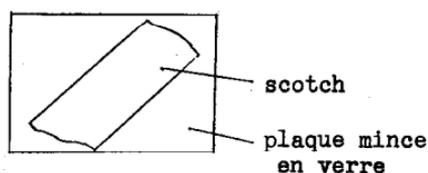


Fig. 1

Sur la première épaisseur de scotch, on colle un second morceau du même scotch de 20 mm de long; puis, on colle un troisième morceau plus court encore (12 mm) et ainsi de suite. On obtient donc, sur la plaque en verre, des zones qui comportent 1, 2, 3, 4, 5... épaisseurs de scotch (fig. 2).

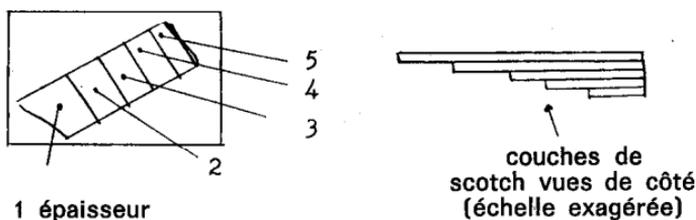


Fig. 2

### 2. EXPERIENCE.

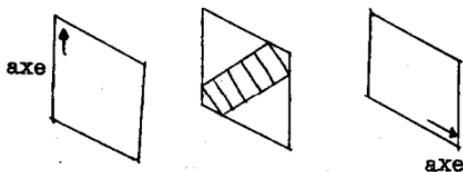


Fig. 3

— Placer la plaque scotchée entre 2 polariseurs (récupérés par exemple sur des lunettes Polaroid). Les axes des polariseurs sont disposés à  $45^\circ$  des grandes dimensions du scotch (fig. 3).

— Quand les polariseurs sont croisés (fig. 3) (il y a extinction totale si on retire la plaque scotchée), on observe que les zones où le nombre de couches de scotch est impair (1, 3, 5...) ont toutes la même couleur (par exemple jaune-vert), et que les zones d'épaisseur paire (2, 4, 6...) ont la teinte complémentaire (rouge-violet).

— Si on tourne de  $90^\circ$  l'un des deux polariseurs, les couleurs des zones « paires » et « impaires » s'invertissent.

### 3. INTERPRETATION.

Le scotch a des propriétés élastiques et optique différentes parallèlement et perpendiculairement au sens du déroulement. On introduit donc deux indices optiques :  $n_e$  indice extraordinaire et  $n_o$  indice ordinaire. Appelons  $x$  et  $y$  les axes du ruban de scotch.  $\vec{E}$  désigne le champ électromagnétique après la traversée du premier polariseur ;  $\alpha$  représente l'angle entre l'axe du premier polariseur et l'axe  $x$  du scotch ; et  $\beta$  l'angle entre l'axe du second polariseur et l'axe  $x$  du scotch (fig. 4).

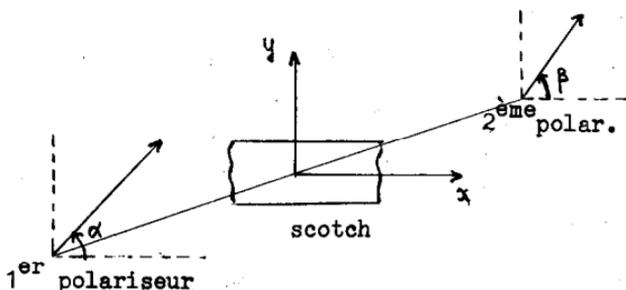


Fig. 4

A l'entrée de la plaque de scotch, le champ électromagnétique a pour composantes :

$$\begin{cases} E \cos \alpha \\ E \sin \alpha \end{cases}$$

Après la traversée du scotch, le champ devient :

$$\begin{cases} E \cos \alpha e^{-i\varphi} \\ E \sin \alpha \end{cases}$$

$\varphi$  représente le déphasage dû à la différence d'indice entre les deux directions du scotch.  $\varphi = \frac{2\pi e}{\lambda} (n_e - n_o)$  (\*) avec  $e$  : épaisseur du scotch ( $\lambda$  longueur d'onde dans le vide).

(\*)  $n_e$  et  $n_o$  sont fonctions de la longueur d'onde dans le vide.

Après la traversée du second polariseur, le champ électromagnétique  $\vec{E}'$  est dirigé selon l'axe du second polariseur. La projection de  $E_x$  et de  $E_y$ , selon cet axe, donne comme expression du champ résultant :  $E' = E_x \cos \beta + E_y \sin \beta$  (fig. 5)

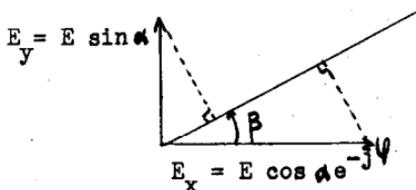


Fig. 5

d'où :  $E' = E (\cos \alpha \cos \beta e^{-j\varphi} + \sin \alpha \sin \beta)$ . On calcule l'intensité lumineuse  $I = |E'|^2$  et en posant  $I_0 = |E|^2$ , il vient :

$$I = I_0 (\cos \alpha \cos \beta e^{-j\varphi} + \sin \alpha \sin \beta) (\cos \alpha \cos \beta e^{j\varphi} + \sin \alpha \sin \beta)$$

$$\text{alors : } I = I_0 \left| \cos^2(\alpha - \beta) - \sin 2\alpha \cdot \sin 2\beta \cdot \sin^2 \frac{\varphi}{2} \right| \quad (1)$$

La biréfringence est liée à l'existence de  $\varphi$ . Son influence est maximale pour  $\cos^2(\alpha - \beta) = 0$ , c'est-à-dire pour  $|\alpha - \beta| = 90^\circ$  (polariseurs croisés) et, dans ce cas :

$$|\sin 2\alpha \cdot \sin 2\beta| = |\sin 2\alpha|^2 = |\sin 2\beta|^2$$

est maximal pour  $\alpha = 45^\circ$  et  $\beta = -45^\circ$  (ou l'inverse), d'où :

$$I = I_0 \sin^2 \frac{\varphi}{2} \quad (2)$$

(contraste maximal).

\* Pour une épaisseur de scotch ( $e = e_0$ ), on a un maximum d'intensité ( $I = I_0$ ) pour :

$$\frac{\varphi}{2} = \frac{\pi}{\lambda_0} e_0 (n_e - n_o) = \left( p + \frac{1}{2} \right) \pi$$

avec  $p$  entier, c'est-à-dire :

$$\lambda_0 = \frac{e_0 (n_e - n_o)}{p + 1/2}$$

\* Pour 2 épaisseurs de scotch ( $e = 2e_0$ ) : pour  $\lambda = \lambda_0$ ,  $\varphi/2$  prend une valeur double de la précédente :  $\varphi/2 = 2 \left( p + \frac{1}{2} \right) \pi$

et donc :  $\sin^2 \frac{\varphi}{2} = 0$ ; pour  $\lambda = \lambda_0$ ,  $\lambda$  est éteinte.

\* Pour 3 épaisseurs de scotch ( $e = 3 e_0$ ), on calcule  $\frac{\varphi}{2}$  :

$$\frac{\varphi}{2} = \frac{\pi}{\lambda_0} \cdot 3 e_0 \cdot (n_e - n_o) = \pi \left( p + \frac{1}{2} \right) \cdot 3$$

donc :  $\sin^2 \frac{\varphi}{2} = 1$  pour  $\lambda = \lambda_0$ .

Il y a donc un maximum de lumière pour  $\lambda_0$ .

\* En conclusion, les zones « paires » ont mêmes couleurs et ces couleurs sont complémentaires de celles des zones « impaires ».

Si les polariseurs sont parallèles ( $\alpha = \beta = 45^\circ$ ), la relation (1) s'écrit :

$$I_{//} = I_0 \left( 1 - \sin^2 \frac{\varphi}{2} \right) = I_0 - I_{\perp}$$

c'est-à-dire :

$$I_{//} + I_{\perp} = I_0. \quad (3)$$

La relation (3) montre la complémentarité des intensités lumineuses et explique l'inversion des couleurs quand on fait tourner de  $90^\circ$  l'un des polariseurs.

#### 4. REMARQUES.

— Si on incline l'ensemble (polariseur 1 - plaque scotchée - polariseur 2) par rapport à l'observateur, les teintes des zones sont modifiées puisque l'épaisseur optique du scotch augmente.

— On peut composer de jolies mosaïques biréfringentes en superposant des morceaux provenant de scotch divers (ils se différencient par leur épaisseur).

---