

BIREFRINGENCE DU SCOTCH

1. Objectifs

Le scotch est un matériau fortement étiré dans sa longueur lors de sa fabrication. Cette contrainte a entraîné une anisotropie, c'est à une différence entre les directions de la longueur et de la largeur. Et le scotch est donc un matériau biréfringent dont on cherche à mesurer la biréfringence Δn (la différence entre les indices extraordinaire et ordinaire).

On procédera en deux étapes : la première est une estimation de la valeur de Δn en estimant la différence de marche entre les deux ondes ordinaire et extraordinaire d'après les teintes de Newton.

Une estimation plus fine sera réalisée en mesurant précisément la différence de marche à l'aide d'un compensateur de Soleil-Bravais.

Comme celui-ci ne permet d'obtenir que la différence de marche modulo la longueur d'onde, il est nécessaire d'en connaître l'estimation précédente.

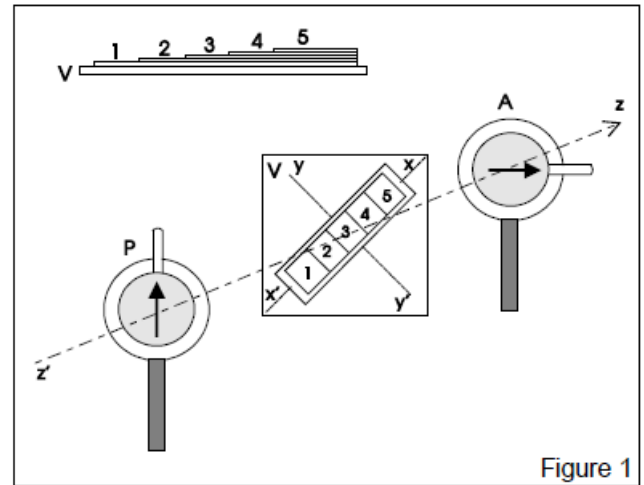


Figure 1

2. Teintes de Newton

2.1 Principe de la mesure

On éclaire en lumière blanche un certain nombre d'épaisseurs de scotch placées entre polariseur et analyseur croisés ou parallèles. Le polariseur permet de donner une polarisation linéaire à la lumière incidente sur le scotch, et l'analyseur permet de faire interférer les deux composantes ordinaire et extraordinaire issues du scotch. La différence de marche entre ces deux composantes est $\delta = e\Delta n$ avec e l'épaisseur totale de scotch.

Certaines longueurs d'onde interfèrent constructivement avec cette différence de marche, et d'autres destructivement. Les constructives se superposent pour former une certaine couleur, appelée teinte de Newton, dont on trouvera la table en avant-dernière page. A partir de la couleur et de la table, il est possible de remonter à la valeur de δ . Puis, connaissant e , à la valeur de Δn . Cette méthode est assez approximative car l'incertitude est grande sur δ .

2.2 Montage

On utilise la lame de verre V sur laquelle sont collées 1, 2, 3, 4 et 5 épaisseurs de scotch. Chaque épaisseur constitue un biréfringent (figure 1).

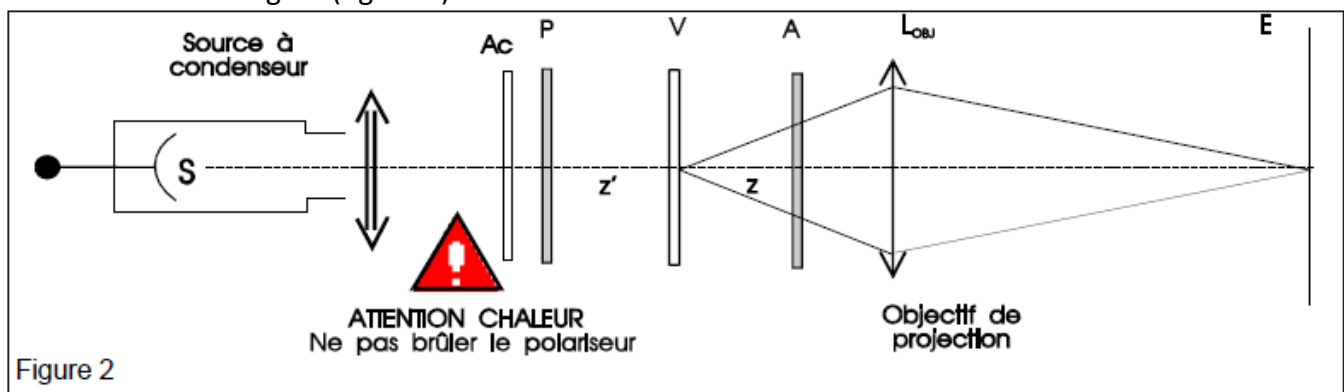


Figure 2

On réalise le montage de la figure 2, avec une lampe blanche à condenseur intégré. On réalisera un faisceau grossièrement parallèle, en prenant garde de ne pas brûler le polariseur avec la chaleur de la lampe.

Placer la lame entre polariseur et analyseur croisés.

Déterminer les lignes neutres en recherchant l'extinction lorsque V tourne. Comment sont elles orientées par rapport à la longueur et à la largeur du morceau de scotch ?

Tourner P et A de 45° dans le même sens : ils restent croisés, mais sont à 45° des lignes neutres.

On fait l'image de la lame sur un écran avec une lentille de focale 100 mm.

Montrer le montage à un professeur.

2.3 Observations

Observer les couleurs associées à chaque épaisseur de scotch. Ce sont les teintes de Newton à centre à noir (teinte noire quand $P \perp A$ et $\delta=0$ càd en l'absence de biréfringent).

Tourner l'analyseur jusqu'à ce que P et A soient parallèles. On observe un changement de couleur pour les différentes épaisseurs : ce sont les teintes de Newton à centre blanc. On remarque aussi qu'on arrive à lire le numéro associé au nombre de couches de scotch. Quel lien entre les deux couleurs d'une épaisseur ?

Pour chaque épaisseur de scotch, évaluer la différence de marche grâce aux teintes de Newton et compléter le tableau 1.

Epaisseurs	COULEURS		δ (μm)
	P \perp A	P // A	
0	NOIR	BLANC	0
e			
2e			
3e			
4e			
5e			

Tableau 1 : couleurs de Newton

2.4 Résultats, interprétation

Si I_0 est l'intensité de la lumière incidente polarisée par P, montrer en complétant les schéma de la figure 3, que l'intensité en sortie de l'analyseur est :

$$I = I_0 \sin^2\left(\frac{\varphi}{2}\right) \text{ si } P \perp A \quad (1)$$

$$I = I_0 \cos^2\left(\frac{\varphi}{2}\right) \text{ si } P \parallel A \quad (2)$$

où $\varphi=2\pi e\Delta n/\lambda$ est la déphasage introduit par le scotch entre les deux composantes ordinaire et extraordinaire.

En déduire que si une λ est transmise pour P et A croisés, elle est éteinte pour P et A parallèles.

Déduire du tableau une valeur moyenne pour la différence de marche $\delta=e\Delta n$ apportée par **une** épaisseur de scotch.

Si $e \approx 50 \mu\text{m}$, évaluer la biréfringence Δn du scotch.

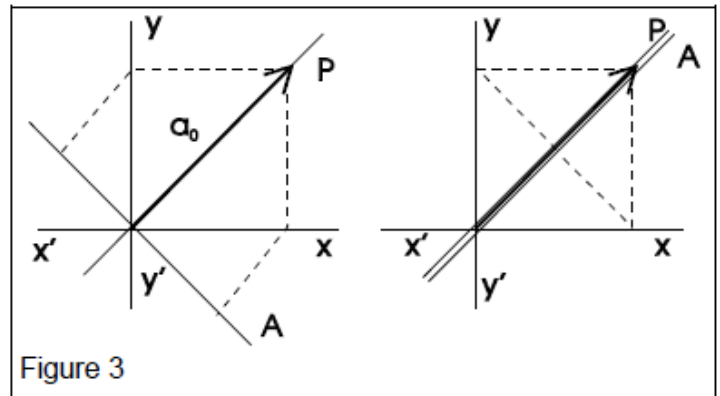


Figure 3

3. Compensateur de Soleil-Bravais

3.1 Principe

Il s'agit d'un appareil composé de deux prismes biréfringents, dont un d'épaisseur variable à l'aide d'une vis micrométrique (figure 4). En faisant varier cette épaisseur, on fait varier la différence de marche entre les deux polarisations orthogonales qui traversent le compensateur de $-\lambda$ à $+\lambda$.

On commence par étalonner le compensateur pour déterminer la correspondance entre l'indication de la vis micrométrique et la différence de marche introduite.

Ensuite, on place le scotch et le compensateur l'un derrière l'autre, et on règle le compensateur pour obtenir une différence de marche globale multiple de λ . Connaissant la différence de marche introduite par le compensateur, on en déduit celle introduite par le scotch.

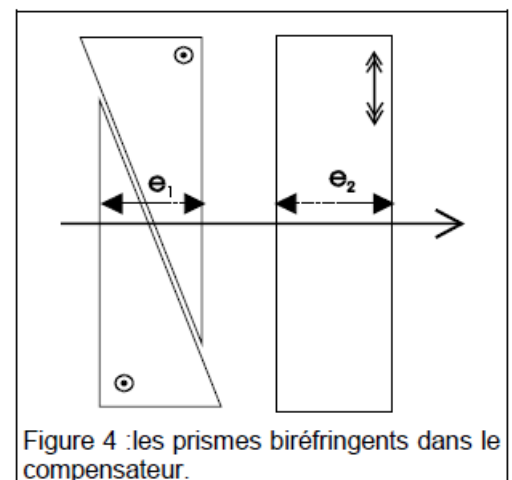


Figure 4 : les prismes biréfringents dans le compensateur.

3.2 Etalonnage

On utilise un laser He-Ne vert ($\lambda=543,5$ nm). Le montage est celui de la figure 5, sans la lame V. On élargit le faisceau laser avec un télescope (afocal, lentilles de focales 20 mm et 200 mm). Puis on croise P et A, et on introduit le compensateur Cp. On mesure la puissance transmise avec le puissance-mètre Labmaster.

Rechercher les lignes neutres du compensateur (extinction du faisceau transmis en tournant Cp), puis tourner P et A de 45° dans le même sens.

Montrer votre montage.

D’après la documentation du constructeur du compensateur (avant dernière page), quel est le domaine spectral utilisable ? Quelles valeurs de la différence de marche δ_{CP} introduite par Cp peut-on obtenir ? Quelle est la position du zéro ?

Si P et A sont croisés, montrer en utilisant (1) que l’intensité transmise s’annule pour $\delta_{CP} = -543,5$ nm, 0nm et +543,5 nm (càd $\delta_{CP}=k\lambda$, k entier).

Si P // A, montrer en utilisant (2) que l’intensité transmise s’annule pour $\delta_{CP}=\pm\lambda/2=\pm271,8$ nm.

Noter dans le tableau 2 les valeurs X en mm de la vis micrométrique pour lesquelles l’intensité transmise s’annule lorsque P et A sont croisés d’une part, et lorsqu’ils sont parallèles d’autre part.

δ_{CP}	P⊥A	-543,5		0		543,5
(nm)	P//A		-271,8		271,8	
X (mm)						

Tableau 2 : étalonnage

Tracer δ_{CP} en fonction de X et la droite de régression avec son équation.

En déduire la pente a en nm/mm et l’abscisse à l’origine X_0 .

3.3 Mesures

Régler Cp de sorte que $\delta_{CP}=0$ (càd $X=X_0$) et croiser P et A.

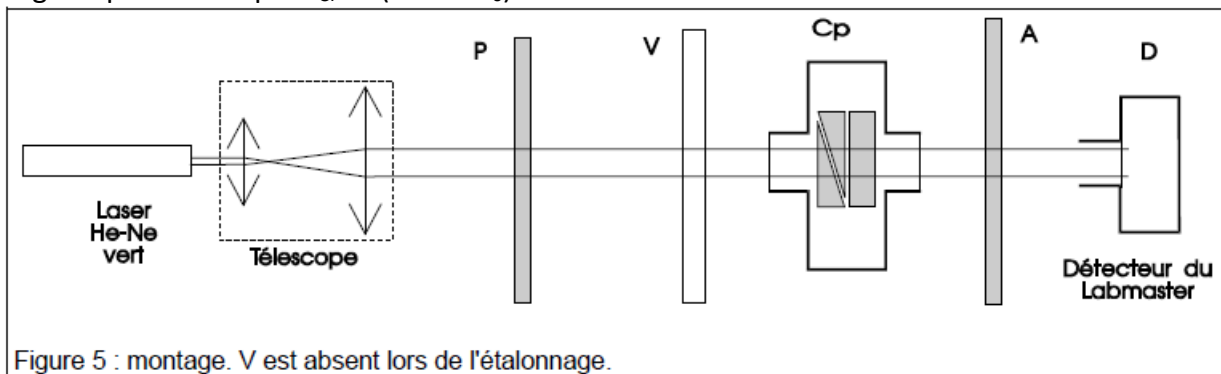


Figure 5 : montage. V est absent lors de l’étalonnage.

Insérer la lame V, avec une seule épaisseur de scotch sur le chemin de la lumière. Les lignes neutres du scotch doivent être parallèles à celles de Cp. Voir figure 5.

Si on porte la vis micrométrique dans la position X telle que $X-X_0=\Delta X$, la différence de marche totale est alors $\delta=\delta_{CP}+\delta_{SCOTCH}=a\Delta X\pm e\Delta n$.

Si l’intensité transmise est nulle, alors $\delta=k\lambda$ (k entier). Il y a deux valeurs X et X’ de la vis permettant d’obtenir l’extinction.

On a $\delta_{SCOTCH}=k\lambda\pm a(X-X_0)$ et $\delta_{SCOTCH}=k'\lambda\pm a(X'-X_0)$.

Utiliser le fichier **Calcul_bir.xls** pour déterminer δ_{SCOTCH} et Δn . Il faut entrer la valeur de X_0 , le nombre d’épaisseurs, les valeurs de X et X’. Essayer plusieurs valeurs de k (commencer par k=0 ou 1 pour une épaisseur) et des valeurs ± 1 du signe \pm pour retrouver une valeur Δn proche de celle que vous avez obtenue avec les teintes de Newton.

Recommencer pour chaque nombre d’épaisseurs de scotch. Enregistrer le fichier à votre nom.

Faire une moyenne et un intervalle de confiance à 95% des valeurs de Δn . En déduire une estimation de la biréfringence du scotch avec son incertitude.

ECHELLE DES TEINTES DE NEWTON

	Δ en nm	Polariseurs parallèles	Polariseurs croisés
premier ordre	0	Blanc.	Noir.
	40	Blanc jaunâtre.	Gris lavande.
	97	Blanc brunâtre.	Bleu gris.
	158	Brun jaune.	Gris plus clair.
	218	Brun.	Blanc verdâtre.
	234	Rouge clair.	Blanc.
	259	Voile sombre.	Blanc jaunâtre.
	267	Brun rouge sombre.	Jaune paille pâle.
	275	Voile sombre.	Jaune paille.
	281	Indigo.	Jaune clair.
deuxième	306	Bleu.	Jaune vit.
	332	Bleu gris.	Jaune brun.
	430	Vert bleuâtre.	Orange rougeâtre.
	505	Vert pâle.	Rouge clair.
	536	Vert plus clair.	Rouge plus foncé.
	551	Jaune verdâtre.	Pourpre.
	565	Jaune d'or.	Violet.
	575	Orange brunâtre.	Indigo.
	589	Pourpre.	Bleu de ciel.
	664	Violet.	Bleu verdâtre.
troisième	728	Pourpre violacé.	Vert.
	747	Indigo.	Vert plus clair.
	826	Bleu sombre.	Vert jaunâtre.
	843	Bleu verdâtre.	Jaune verdâtre.
	866	Vert.	Jaune pur.
	910	Orange.	Orange rougeâtre vil.
	948	Rouge violacé foncé.	Rouge violacé foncé.
	998	Indigo.	Violet bleuâtre clair.
	101	Vert.	Indigo.
	quatrième	1128	Bleu (teinte verdâtre).
1151		Vert brillant.	Vert de mer.
1258		Rose (nuance chair).	Jaune verdâtre.
1334		Rose (nuance chair).	Rose (nuance chair).
1376		Vert de mer.	Rose (nuance chair).
1426		Vert de mer.	Rose (nuance chair).
1496		Vert de mer.	Rose (nuance chair).
1534		Vert de mer.	Rose (nuance chair).
1658		Vert de mer.	Rose (nuance chair).
cinquième ordre		1682	Vert de mer.
	1711	Vert de mer.	Rose (nuance chair).
	1744	Vert de mer.	Rose (nuance chair).
	1811	Vert de mer.	Rose (nuance chair).
	1927	Vert de mer.	Rose (nuance chair).
	2007	Vert de mer.	Rose (nuance chair).
	2048	Vert de mer.	Rose (nuance chair).
	2338	Vert de mer.	Rose (nuance chair).
	2680	Vert de mer.	Rose (nuance chair).

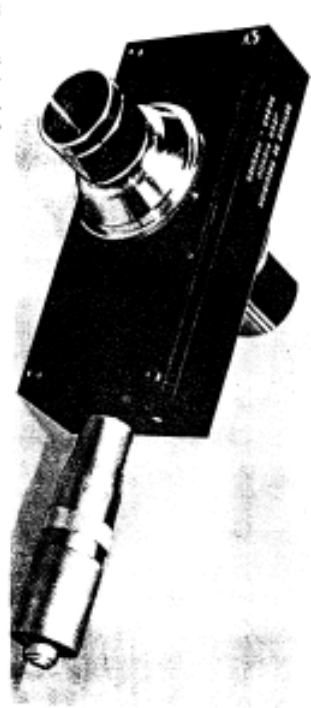
DOCUMENT FICHOU



OPTIQUE DE PRECISION J.FIOTOU - 30 Rue de la Gare - 94260 FRESNES - FRANCE
 Téléphone: (1) 46.66.15.10 - Téléc : FICHOU 20045 F

COMPENSATEUR DE BARNET-SOLEIL-BRAVAIS
 BRAVAIS - SOLEIL - BARNET COMPENSATOR

Ce compensateur est fondamentalement une lame retard d'ordre zéro à retard variable.
 2 types - Barnet : à franges, utilisé sur une ligne du champ.
 Babinet - Soleil-Bravais : utilisé sur l'ensemble du champ.
 La variation est faite par 1^{re} section d'une vis micrométrique sur 25mm.
 Ils compensent à haute précision un ordre aréolaire avec variable adaptation.
 2 types : - Babinet : with gages, used on a line of the aperture.
 - Babinet - Soleil - Bravais : uniform on the total aperture
 The variation is made by a micrometric screw on 25mm.



Matière, Matériau : Quartz
 Domaine spectral, Spectral range : 200 à 600nm
 Déformation de la surface d'onde, wavefront distortion : 1/8λ
 Section utile, aperture : 14 x 14mm
 Encastrement, total size :
 - épaisseur, Thickness : 27mm.
 - épaisseur (partie oculaire incluse), 95mm
 Thickness (eye-piece included) : 95mm
 - longueur, length : 162mm
 - largeur, width : 50mm
 Tube porte-oculaire, eyepiece support tubes : un de Ø extérieur 23,2mm,
 one of external Ø 23,2mm
 un de Ø intérieur 23,2mm,
 one of internal Ø 23,2mm,
 un de Ø extérieur Ø 25,2mm,
 one of external Ø 25,2mm.

Standard variable retardation	Resolution	position du zéro
550(0 à 550)	0,25	0
1100(-550 à + 550)	0,50	12,5
1100(0 à 1100)	0,50	0
2200(-1100 à + 1100)	1	12,5

Traitement anti-reflet, Antireflection coating.
 Large bande, wide range : 400-700nm, 500-800nm, 600-900nm H Moysen, R mean 0,05
 Pour commander, please use : Type, retard, position zero, treatment.
 For order, specify : Type, retardation, zero position, coating.

NOMS :

DATE :

.....

.....

FEUILLE A RENDRE EN FIN DE SEANCE

§	Travail à faire	A noter sur place	A noter à l'écrit
2	Teintes de Newton		
	Montage Tableau 1	____ / 3	____ / 2
	Démonstration de (1) et (2)		____ / 1,5
	Réponses aux questions		____ / 1,5
	Valeur de Δn		____ / 1
3	Compensateur de Soleil-Bravais		
	Montage d'étalonnage Caractéristiques techniques	____ / 2	____ / 1
	Tableau 2, graphe, droite de régression, a et X_0		____ / 2
	Montage de mesures Mesures	____ / 1	____ / 1
	Calcul_bir.xls		____ / 2
	Valeur de Δn avec incertitude		____ / 2

TOTAL : _____ / 20**Les comptes-rendus sont à rendre une semaine après le TP, le même jour de la semaine.****Un jour de retard : -2 points****Deux jours de retard : note / 2****Au-delà : points sur place / 2**