

NORME  
INTERNATIONALE

**ISO**  
**11455**

Première édition  
1995-03-15

---

---

**Verre d'optique brut — Détermination de  
la biréfringence**

**iTeh STANDARD PREVIEW**  
*Raw optical glass — Determination of birefringence*  
**(standards.iteh.ai)**

ISO 11455:1995

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/1a8c2b04-8783-4815-a5bc-3095e9d0801c/iso-11455-1995>



Numéro de référence  
ISO 11455:1995(F)

## Avant-propos

L'ISO (Organisation internationale de normalisation) est une fédération mondiale d'organismes nationaux de normalisation (comités membres de l'ISO). L'élaboration des Normes internationales est en général confiée aux comités techniques de l'ISO. Chaque comité membre intéressé par une étude a le droit de faire partie du comité technique créé à cet effet. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec l'ISO participent également aux travaux. L'ISO collabore étroitement avec la Commission électrotechnique internationale (CEI) en ce qui concerne la normalisation électrotechnique.

Les projets de Normes internationales adoptés par les comités techniques sont soumis aux comités membres pour vote. Leur publication comme Normes internationales requiert l'approbation de 75 % au moins des comités membres votants.

La Norme internationale ISO 11455 a été élaborée par le comité technique ISO/TC 172, *Optique et instruments d'optique*, sous-comité SC 3, *Matériaux et composants optiques*.

L'annexe A de la présente Norme internationale est donnée uniquement à titre d'information.

ITIH STANDARD PREVIEW

(standards.iteh.ai)

ISO 11455:1995

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/1a8c2b04-8783-4815-a5bc-1e961d861200/iso-11455>

© ISO 1995

Droits de reproduction réservés. Sauf prescription différente, aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie et les microfilms, sans l'accord écrit de l'éditeur.

Organisation internationale de normalisation  
Case Postale 56 • CH-1211 Genève 20 • Suisse

Imprimé en Suisse

## Introduction

Les verres d'optique bruts en bloc et préformés peuvent avoir des contraintes permanentes résultant du processus de fabrication ou des contraintes temporaires résultant d'actions thermiques ou mécaniques. Ces contraintes provoquent l'anisotropie de l'indice de réfraction, ce qui entraîne des différences de marche du trajet optique dans l'objet considéré (en centimètres), mesurable par l'optique interférentielle. La biréfringence, en nanomètres par centimètre, est valable pour le verre en équilibre thermique et sans contrainte mécanique et représente la valeur totale de la déformation optique, résultante causée par l'anisotropie de l'indice de réfraction.

## iTeh STANDARD PREVIEW (standards.iteh.ai)

[ISO 11455:1995](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/1a8c2b04-8783-4815-a5bc-3095e9d0801c/iso-11455-1995)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/1a8c2b04-8783-4815-a5bc-3095e9d0801c/iso-11455-1995>

Page blanche

**iTeh STANDARD PREVIEW**  
**(standards.iteh.ai)**

ISO 11455:1995

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/1a8c2b04-8783-4815-a5bc-3095e9d0801c/iso-11455-1995>

# Verre d'optique brut — Détermination de la biréfringence

## 1 Domaine d'application

La présente Norme internationale décrit la méthode photoélastique de détermination de la biréfringence dans le verre, notamment pour les verres d'optique bruts en bloc et préformés. Cette méthode est aussi utilisée en photoélasticité.

### NOTES

1 Le calcul de la contrainte élastomécanique à partir de la biréfringence n'est pas l'objet de la présente Norme internationale.

2 L'indication de la biréfringence sur les dessins est spécifiée dans l'ISO 10110-2 (voir réf. [2] de l'annexe A).

Cette méthode d'essai est applicable à des formes géométriques simples (voir article 5).

## 2 Définition

Pour les besoins de la présente Norme internationale, la définition suivante s'applique.

**2.1 biréfringence (du verre):** Anisotropie de l'indice de réfraction dans des verres optiquement homogènes et isotropes, généralement induite par des contraintes mécaniques et/ou thermiques. L'indice de réfraction dépend de l'orientation du plan de polarisation et du vecteur de propagation de l'onde électromagnétique par rapport à la direction des contraintes principales.

[Définition tirée de l'ISO 9802.]

## 3 Principe

Mesure des différences de trajets optiques par compensation, en utilisant une méthode optique interférentielle en lumière polarisée.

Dans la procédure de compensation suivant de Sénarmont et Friedel (voir réf. [3] et [4] de l'annexe A), un retard de phase d'une longueur d'onde est produit par une rotation de 180° en lumière rectiligne, en utilisant une source dont la longueur d'onde est proche du maximum de sensibilité de l'œil humain (c'est-à-dire 546 nm à 589 nm).

Si un corps en verre optiquement isotrope et sous contrainte est éclairé avec de la lumière polarisée dans la direction d'une contrainte principale (telle que  $\sigma_3$ , voir figure 1), les composantes vibratoires dans la direction des contraintes principales  $\sigma_1$  et  $\sigma_2$  présentent une vitesse de propagation différente de celle obtenue dans un corps en verre non soumis à contrainte.

Les indices de réfraction  $n_1$  et  $n_2$  sont fonction des contraintes principales  $\sigma_1$ ,  $\sigma_2$  et  $\sigma_3$ :

$$n_1 - n_0 = p\sigma_1 + q(\sigma_2 + \sigma_3) \quad \dots (1)$$

$$n_2 - n_0 = p\sigma_2 + q(\sigma_1 + \sigma_3) \quad \dots (2)$$

où

$n_0$  est l'indice de réfraction du verre sans contrainte;

$p$  et  $q$  sont des coefficients relatifs au type de verre.

À partir des équations (1) et (2), on peut obtenir l'équation (3) pour la différence d'indice de réfraction:

$$n_1 - n_2 = (p - q)(\sigma_1 - \sigma_2) \quad \dots (3)$$

La différence d'indice de réfraction ( $n_1 - n_2$ ) est la biréfringence  $\Delta n$ , qui est rapportée à la constante photoélastique  $K = p - q$  pour la longueur d'onde utilisée, comme suit:

$$\Delta n = K(\sigma_1 - \sigma_2) \quad \dots (4)$$

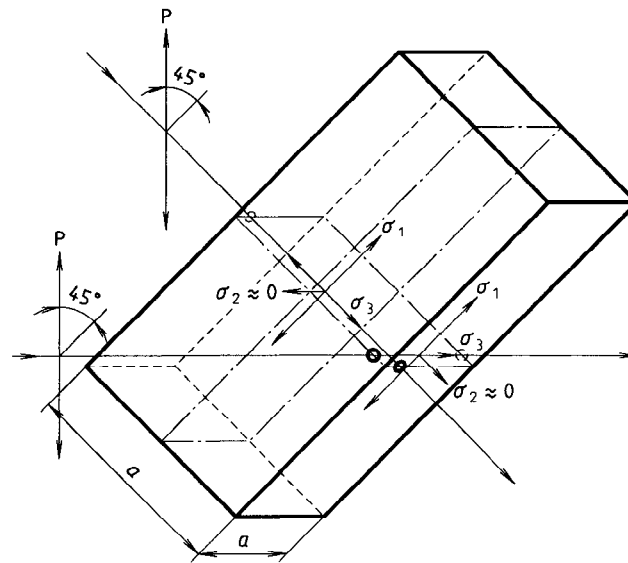


Figure 1 — Contraintes principales dans une lame parallélépipédique

Pour rapporter la biréfringence,  $\Delta n$ , à la différence de trajet optique,  $\Delta s$ , entre les composantes vibratoires dans les directions des contraintes principales  $\sigma_1$  et  $\sigma_2$ , à la sortie de l'échantillon d'épaisseur  $a$  (qui est habituellement égale au trajet lumineux  $a$ ), on peut utiliser l'équation suivante:

$$\Delta n = \frac{\Delta s}{a}$$

La biréfringence  $\Delta n$  s'exprime en nanomètres par centimètre.

## 4 Appareillage

**4.1 Instrument de mesure de l'épaisseur de l'échantillon** aux points de mesure à 1 % près, par exemple  **pied à coulisse**.

**4.2 Polarimètre** avec compensateur, suivant de Sénarmont et Friedel

### 4.2.1 Éléments du polarimètre

Le polarimètre doit être composé des éléments suivants (voir aussi figure 2).

- Source de lumière collimatée, par exemple source de lumière blanche avec filtre monochromatique pour une longueur d'onde  $\lambda$  de 546 nm à 589 nm.
- Diffuseur, par exemple verre opalin ou écran en verre uniformément dépoli.

- Polariseur, comportant un repérage de la direction située à 45° de l'axe de polarisation. Le polariseur est monté entre deux lames de verre et dans un support rotatif pouvant être bloqué en position fixe.

- Porte-échantillon.

- Lame quart d'onde, ayant un retard équivalent à un quart de la longueur d'onde de la lumière utilisée. Elle doit être montée dans un support rotatif pouvant être bloqué en position fixe.

- Analyseur, identique au polariseur. Il doit être monté dans un support rotatif pouvant être bloqué en position fixe. Ce support doit lui-même être fixé dans un support gradué pouvant tourner de  $\pm 180^\circ$ .

En outre on peut utiliser les éléments suivants.

- Lame onde, ayant un retard de 565 nm, qui produit, avec la lumière blanche, une couleur rouge-violet. Elle doit être montée dans un support rotatif pouvant être bloqué en position fixe.
- Télescope, c'est-à-dire un télescope à mise au point rapprochée ayant un grossissement convernable dans la plage de mise au point utilisable pour éviter la parallaxe des rayons passant au bord de l'échantillon.
- Cuve d'immersion, sans biréfringence, pour l'essai d'échantillons et de composants optiques dont les faces ne sont pas parallèles ou ne sont pas

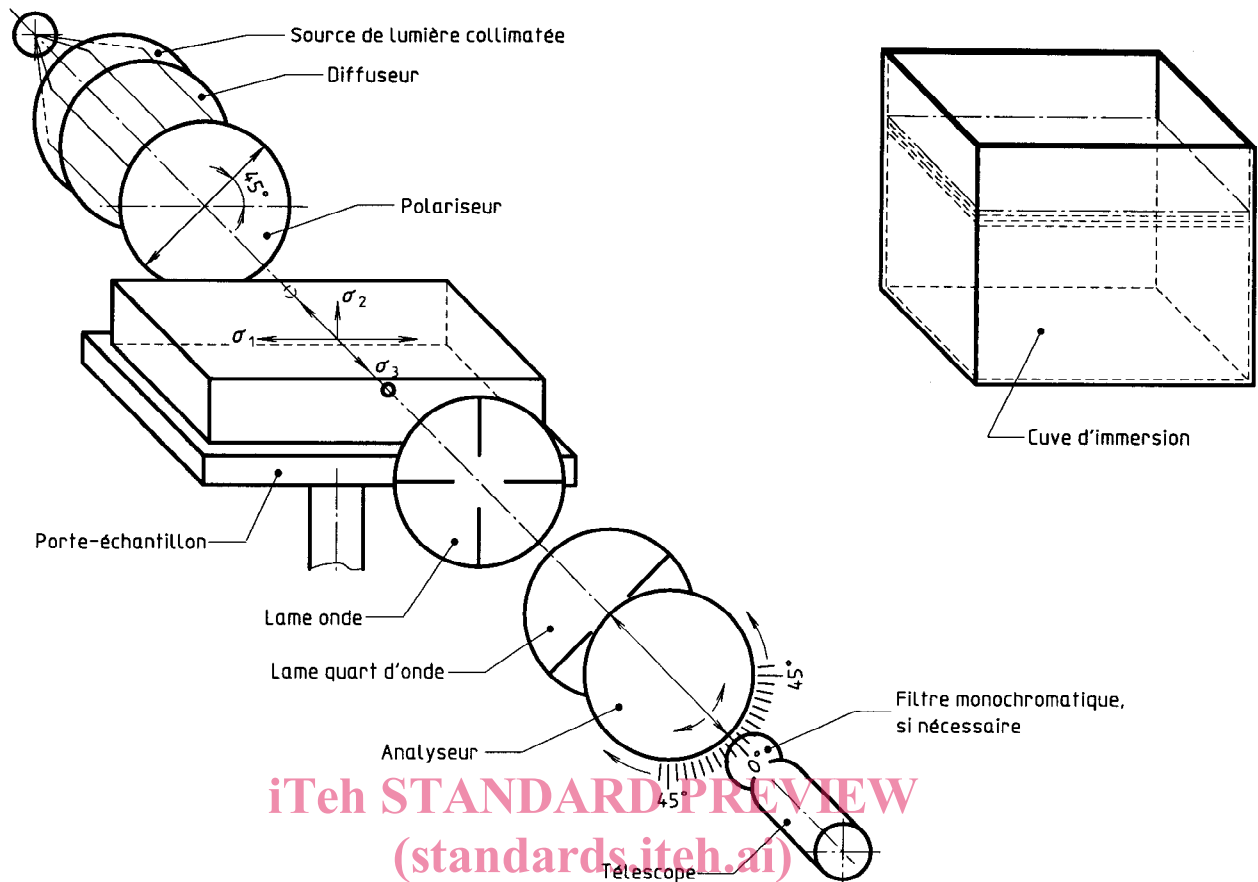


Figure 2 — Dispositif d'essai suivant de Sénarmont et Friedel incluant l'échantillon

polies. La cuve d'immersion doit contenir un fluide sans biréfringence, qui correspond au mieux à l'indice de réfraction de l'échantillon en verre.

Il est possible de constituer un ensemble inversé du compensateur de Sénarmont, la source de lumière étant à la position de l'observateur (voir figure 2) et l'observateur regardant le polariseur.

#### 4.2.2 Réglage du polarimètre

Le polarimètre doit être réglé pour que le repère à 45° sur le polariseur soit parallèle à l'arête de l'échantillon.

L'analyseur, sans les lames onde et quart d'onde, est tourné en position zéro pour obtenir un champ homogène sombre.

Enfin, la lame quart d'onde est réglée en rotation pour obtenir le champ le plus sombre possible, puis bloquée en cette position.

Lorsque la lame onde est utilisée pour aider à déterminer le signe de la contrainte (traction ou compression) au bord, la lame onde doit être réglée pour

obtenir le champ le plus sombre possible en lumière monochromatique.

Commuter sur une source de lumière blanche avec la lame onde [couleur d'interférence rouge-violet (teinte sensible)].

La sensibilité obtenue lors de la compensation de très faibles éclaircissements provoqués par une faible biréfringence ou une longueur de trajet faible dans le corps du verre, dépend du poli de surface et de la qualité du polariseur, de l'analyseur et de la lame quart d'onde. Les meilleurs résultats sont obtenus en utilisant le télescope à mise au point rapprochée avec optique sans parallaxe.

## 5 Échantillons pour essai

Les échantillons pour essai devraient avoir des formes géométriques simples, par exemple des lames et blocs à symétrie de rotation, à section rectangulaire ou des triangles rectangles ou équilatéraux.

Les échantillons pour essai devraient avoir deux surfaces opposées planes, parallèles et polies, auquel

cas la procédure normale d'essai est utilisée. Si les surfaces des échantillons pour essai ne sont pas planes et parallèles et/ou ne sont pas polies, utiliser la cuve d'immersion [voir 4.2.1 i)].

La figure 3 montre les points de mesure sur des exemples d'échantillons pour essai avec surfaces polies.

Les échantillons pour essai doivent être conservés, dans la salle d'essai, à température constante pour atteindre une température d'équilibre avant et pendant les essais.

## 6 Procédure d'essai

**6.1** Placer l'échantillon pour essai de façon que la direction principale de contrainte se situe à 45° par rapport au plan de vibration de la lumière. De cette façon, les composantes vibratoires dans la direction des contraintes principales  $\sigma_1$  et  $\sigma_2$  ont la même amplitude mais une longueur de trajet optique,  $\Delta s$ , différente à la sortie de l'échantillon pour essai (lumière polarisée elliptique).

Les points de mesure de la biréfringence doivent être proches de l'arête de l'échantillon pour essai, à une distance de l'arête d'environ 5 % du diamètre ou de la largeur.

**6.2** Le plan tangent au point de mesure pour des échantillons circulaires doit se situer à 45° du polariseur. Pour des échantillons à section rectangulaire ou triangulaire rectangle, le point de mesure doit être comme indiqué à la figure 3.

**6.3** Déterminer le trajet lumineux en mesurant l'épaisseur de l'échantillon pour essai, au point de mesure, à 1 % près.

**6.4** Faire tourner l'analyseur jusqu'à ce que la différence de marche soit compensée, c'est-à-dire jusqu'à obtention de l'assombrissement maximum au point de mesure choisi.

Le passage au travers de la lame quart d'onde produit une lumière polarisée rectiligne, dont le plan de vibration forme un angle avec le plan d'origine du polariseur, proportionnel à la différence de trajet optique.

Noter l'angle  $\phi$  à cette position. Le signe de cet angle ( $\pm$ ) dépend du signe de la différence de contrainte principale (traction ou compression) (voir 6.5).

Répéter les mesures en d'autres points de mesure (voir figure 3).

**6.5** Pour connaître le sens de la contrainte à proximité de l'arête de l'échantillon pour essai, commuter sur la source de lumière blanche en enlevant le filtre monochromatique et en plaçant la lame onde. Un éclaircissement pâle provoqué par des différences faibles de trajet (inférieures à la demi-longueur d'onde) apparaît dans l'ordre bien connu des couleurs d'interférence en lumière blanche, du rouge-violet au bleu ou au jaune dans l'autre direction. La détermination du sens de la contrainte (traction ou compression) peut se faire par comparaison à des barreaux précontraints uniaxialement ou à des disques d'essai. En utilisant la lame onde l'analyseur doit être à la position zéro.

### NOTES

3 Le changement de couleur dépend de l'orientation de la contrainte principale dans l'échantillon pour essai par rapport à la direction de polarisation.

4 Pour les verres à coefficients de contrainte négative (par exemple des verres comportant une masse de PbO supérieure à 75 %), les couleurs d'interférence sont inversées par rapport aux contraintes correspondantes déterminées sur des barreaux précontraints ou des disques d'essai en verre à coefficients de contrainte positive (normale).

Une autre façon de déterminer le signe de la contrainte est de soumettre l'échantillon pour essai à une force ponctuelle, ce qui permet de créer des zones où les orientations des contraintes sont connues.

**6.6** La plage de compensation donnée par la procédure de Sénarmont et Friedel est limitée à un retard maximal d'une longueur d'onde (180°).

Si la différence de trajet excède une longueur d'onde, il faut compter les lignes d'interférence, en partant de la ligne noire neutre, comme origine, déterminée au préalable avec la source de lumière blanche (sans le filtre monochromatique).

La région visible au-delà de la ligne la plus colorée (qui devient une ligne noire après commutation sur la lumière monochromatique) doit être compensée, selon 6.4, et doit être ajoutée aux longueurs d'onde déjà comptées.



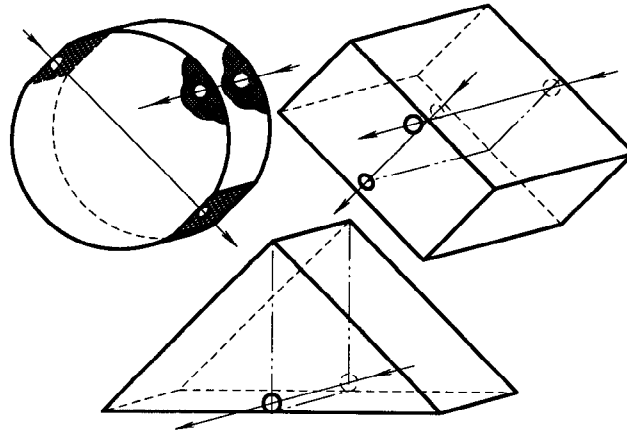


Figure 3 — Exemples d'échantillons pour essai montrant des points de mesure possibles

## 7 Expression des résultats

Pour chaque point de mesure, calculer la biréfringence en utilisant l'équation suivante:

$$\Delta n = \frac{\Delta s}{a}$$

$$= \frac{\phi}{180} \times \frac{\lambda}{a}$$

où

- $\Delta n$  est la biréfringence, en nanomètres par centimètre;
- $\Delta s$  est la différence de trajet optique, en nanomètres;
- $a$  est le trajet lumineux (épaisseur de l'échantillon), en centimètres;
- $\phi$  est l'angle de rotation de l'analyseur pour produire l'assombrissement au point de mesure, en degrés;
- $\lambda$  est la longueur d'onde de la lumière utilisée, en nanomètres.

## 8 Rapport d'essai

Le rapport d'essai doit comporter les informations suivantes:

- référence à la présente Norme internationale;
- identification de l'échantillon pour essai;
- forme de l'échantillon pour essai;
- type de source de lumière utilisée (longueur d'onde  $\lambda$ );
- type de polariseur utilisé;
- position des points de mesure;
- direction du trajet lumineux au travers de l'échantillon pour essai;
- biréfringence, en nanomètres par centimètre, arrondie au 1 nm/cm le plus proche.