

NORME
INTERNATIONALE

ISO
4790

Première édition
1992-05-01

**Soudure verre-verre — Détermination des
contraintes**

iTeh STANDARD PREVIEW
Glass-to-glass sealings — Determination of stresses
(standards.iteh.ai)

ISO 4790:1992

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/9e76b29f-e755-41fc-857a-2df34b85490/iso-4790-1992>



Numéro de référence
ISO 4790:1992(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 4790 a été élaborée par le comité technique ISO/TC 48, *Verrerie de laboratoire et appareils connexes*, sous-comité SC 5, *Qualité de la verrerie*.
<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/9e76b29f-e755-41fc-857a-2dfc34b85490/iso-4790-1992>

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

Soudure verre-verre — Détermination des contraintes

1 Domaine d'application

La présente Norme internationale prescrit une méthode d'essai visant à déterminer les contraintes susceptibles d'apparaître après la soudure de deux verres, par le biais de la biréfringence engendrée par la contrainte.

2 Références normatives

Les normes suivantes contiennent des dispositions qui, par suite de la référence qui en est faite, constituent des dispositions valables pour la présente Norme internationale. Au moment de la publication, les éditions indiquées étaient en vigueur. Toute norme est sujette à révision et les parties prenantes des accords fondés sur la présente Norme internationale sont invitées à rechercher la possibilité d'appliquer les éditions les plus récentes des normes indiquées ci-après. Les membres de la CEI et de l'ISO possèdent le registre des Normes internationales en vigueur à un moment donné.

ISO 10345-1:1992, *Verre — Détermination du coefficient photo-élastique — Partie 1: Essai de traction.*

ISO 10345-2:1992, *Verre — Détermination du coefficient photo-élastique — Partie 2: Essai de flexion.*

Norme FEPA, 43-F-1984,¹⁾ *Norme des grains de corindon électrofondu et de carbure de silicium pour abrasifs appliqués.*

3 Principe

Si deux verres sont soudés ensemble, des contraintes peuvent y subsister après refroidissement; la valeur de ces contraintes dépend des

différences existant entre les propriétés thermiques, élastiques et les caractéristiques de viscosité des verres.

En général, les verres soumis à des contraintes deviennent biréfringents. La relation entre la contrainte et la différence de chemin optique résultant de la biréfringence s'exprime par l'équation suivante:

$$\sigma = \frac{\Delta s}{aK} \quad \dots (1)$$

où

σ est la contrainte d'extension ou de compression;

Δs est la différence de chemin optique;

K est le coefficient photo-élastique;

a est le trajet de la lumière dans l'éprouvette (identique à la hauteur h de l'éprouvette).

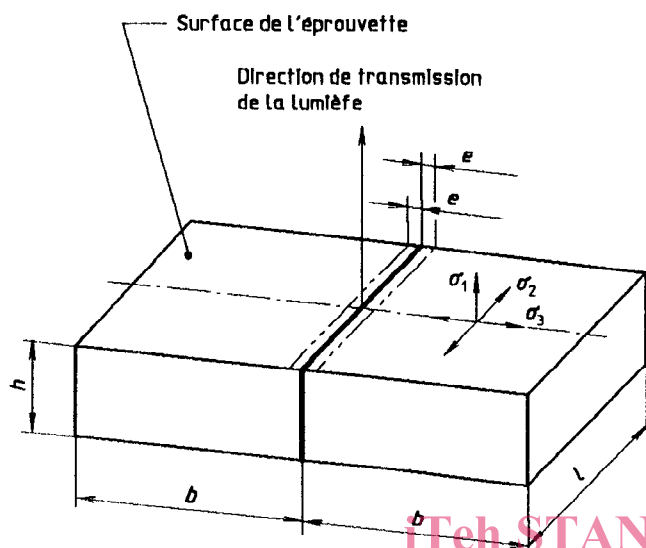
Pour les coefficients photo-élastiques positifs K , dans le cas d'une contrainte d'extension dans le verre, la valeur de Δs doit être précédée du signe positif (+) et, dans le cas d'une contrainte de compression dans le verre, elle doit être précédée du signe négatif (-). Pour les coefficients photo-élastiques négatifs K , les signes de Δs sont contraires.

On suppose qu'avant tout, un état de contrainte plan est établi dans l'éprouvette et que la zone de contrainte dans la direction de la transmission de la lumière à proximité de la zone de soudure est approximativement homogène. Les trois contraintes principales y sont orientées de telle manière que

— la première contrainte principale σ_1 est perpendiculaire à la surface de l'éprouvette;

1) FEPA: Fédération européenne des fabricants de produits abrasifs.

- la deuxième contrainte principale σ_2 est parallèle au plan de soudure et à la surface de l'éprouvette;
- la troisième contrainte principale σ_3 est perpendiculaire au plan de soudure (voir figure 1).



Légende

- $e = 0,5$ mm (voir 6.6)
 b est la largeur des morceaux de verre
 h est la hauteur de l'éprouvette et des morceaux de verre
 l est la longueur de l'éprouvette et des morceaux de verre
 $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$ sont les contraintes principales dans l'éprouvette

Figure 1 — Contraintes principales dans l'éprouvette

Dans l'équation (1), σ représente la différence entre les contraintes principales σ_2 et σ_3 . Au voisinage du plan de soudure, la contrainte principale σ_3 est réduite par rapport à la contrainte principale σ_2 , de sorte que dans l'équation (1), σ peut être considéré comme étant équivalent à la contrainte principale σ_2 .

Lorsque la lumière traverse le verre, la différence de chemin optique entre les deux ondes lumineuses oscillant dans la direction des contraintes principales σ_2 et σ_3 , est engendrée par la différence des vitesses de propagation dans les éprouvettes biréfringentes.

4 Appareillage

4.1 **Four**, pour souder et refroidir l'éprouvette suivant les indications données en 5.3.1 et 5.3.2.

4.2 **Appareillage pour le contrôle des contraintes**, permettant d'examiner l'éprouvette selon les indications données en 6.1 et 6.2.

4.3 **Dispositif de mesure**, permettant de mesurer la hauteur h de l'éprouvette à 0,1 mm près.

4.4 **Appareillage pour la mesure de la polarisation**, comprenant un compensateur permettant de mesurer la différence de chemin optique au voisinage du zéro, à 5 nm près. Selon les tables de fonctions du compensateur utilisé, il est recommandé d'utiliser pour la source lumineuse soit une lumière blanche, soit un domaine spectral allant de 540 nm à 590 nm (lampes spectrales ou lampes incandescentes avec filtre d'interférentiels).

NOTE 1 Les écarts entre les différences de chemin optique mesurées dans la gamme d'ondes comprises entre 540 nm et 590 nm sont inférieurs à l'incertitude de l'appareillage pour la mesure de la polarisation.

5 Éprouvette

5.1 **Dimensions des morceaux de verre** (voir figure 1)

Les deux morceaux de verre devant être scellés doivent être de mêmes dimensions et satisfaire aux prescriptions suivantes:

— hauteur h : 4 mm à 10 mm, de préférence 5 mm;

— longueur l : 20 mm (environ);

— largeur b : 10 mm (environ);

— les coins et les arêtes des éprouvettes doivent être arrondis.

5.2 État des morceaux de verre

Les morceaux de verre doivent être exempts de rayures et d'inclusions gazeuses et solides au voisinage des surfaces devant être scellées.

La surface des morceaux de verre devant être scellés doit être plane et leur rugosité doit être inférieure à celle obtenue par polissage au moyen d'un abrasif de taille de particule P 240 conformément à la norme FEPA 43-F.

5.3 Préparation de l'éprouvette

5.3.1 Souder les surfaces de deux morceaux de verre préparées en vue de la soudure afin de former une éprouvette (voir figure 1). Toute déformation de la surface plane scellée doit être évitée au cours de cette opération.

5.3.2 Étant donné que le résultat des mesures peut être influencé par la vitesse de refroidissement de l'éprouvette dans le domaine visco-élastique des deux verres, l'éprouvette doit être refroidie à la vitesse de $(2 \pm 0,2)$ °C par minute dans les limites du domaine des températures suivantes:

- la limite supérieure de ce domaine de température est déterminée par la température à laquelle le verre de l'éprouvette ayant la viscosité la plus élevée atteint une viscosité dynamique de 10^{13} dPa·s;
- la limite inférieure de ce domaine est établie à 150 °C en-deçà de la température à laquelle le verre caractérisé par la viscosité la plus faible atteint une viscosité dynamique de 10^{13} dPa·s.

En dehors de ce domaine de température, il est seulement recommandé que les contraintes temporaires apparues au cours du refroidissement n'engendrent pas de fissures dans l'éprouvette.

5.3.3 Après la soudure, les surfaces de l'éprouvette traversées par la lumière (voir figure 1) doivent être traitées de manière à être parallèles l'une par rapport à l'autre et perpendiculaires au plan de soudure.

6 Mode opératoire

6.1 Il convient de contrôler la symétrie de l'image des contraintes dans chaque moitié d'éprouvette au moyen d'un appareil pour le contrôle des contraintes (voir figure 2), afin de vérifier que le

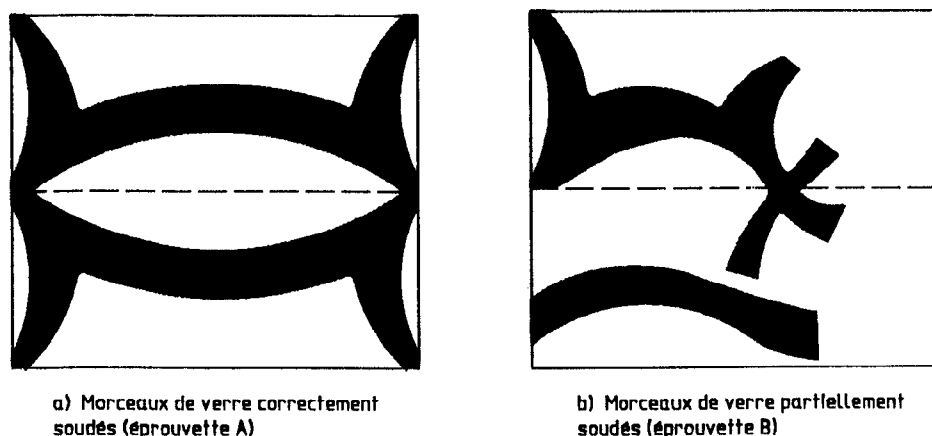
scellement de l'éprouvette est exempt de défauts (voir 5.3.1).

6.2 De plus, il est nécessaire de contrôler si les deux moitiés de l'éprouvette contiennent des fissures. La présence de fissures dans l'une ou dans les deux moitiés de l'éprouvette détruit la symétrie des contraintes, ce qui peut avoir une influence sur les résultats des mesures effectuées selon la description donnée en 6.6. Pour ces éprouvettes, seul le signe de la contrainte peut être déterminé conformément à la description donnée en 6.7.

6.3 Réaliser toutes les mesures à la température ambiante entre 15 °C et 35 °C. L'utilisation de toute température d'essai en dehors de ce domaine doit être consignée dans le rapport d'essai.

6.4 Mesurer l'épaisseur de l'éprouvette dans la zone de mesure (voir 6.6).

6.5 Lorsque les surfaces de l'éprouvette traversées par la lumière n'ont pas un poli suffisant pour que l'image des contraintes soit claire, il est recommandé d'immerger l'éprouvette dans un liquide d'immersion tel que l'eau, dans le cas de surfaces très polies. Le fond de la cuve d'immersion doit être exempt de toute biréfringence parasite et il ne doit y avoir aucune différence de chemin optique.



NOTE — Les zones sombres sont caractérisées par une différence de trajet optique égale à zéro (absence de contraintes) ou à un multiple entier de la longueur d'onde moyenne utilisée. Des parties sombres apparaissent également aux points auxquels la direction de la contrainte principale dans l'éprouvette coïncide avec l'axe de polarisation.

Figure 2 — Image isocline entre deux polariseurs en position croisée (champ avec polarisation linéaire, la zone de soudure étant à 45° par rapport à l'axe de polarisation).

6.6 La lumière traversant une éprouvette exempte de fissures, mesurer dans une direction perpendiculaire, successivement les contraintes principales parallèles aux deux bords de la surface soudée en tant que différences de chemin optique, à une distance $e = 0,5$ mm du plan de soudure au centre de l'éprouvette (voir également figure 1).

Si l'éprouvette comporte un morceau de verre non transparent, la différence de chemin optique ne peut être mesurée que dans la moitié transparente de l'éprouvette.

Si l'une des moitiés de l'éprouvette est constituée par un verre étalon certifié, si possible de même type de verre, il suffit de mesurer la biréfringence dans la moitié constituée par le verre étalon.

6.7 Lorsque le type de contrainte ne peut être clairement déduit de la mesure de la différence de chemin optique, et en présence d'une éprouvette qui comporte des fissures, utiliser l'appareillage pour le contrôle des contraintes pour déterminer si la différence de chemin optique est engendrée par une contrainte de traction ou de compression, en prenant pour référence une éprouvette en traction ou en compression.

7 Expression des résultats

Pour chaque moitié d'éprouvette dont la différence de chemin optique a été mesurée conformément à 6.6, calculer la biréfringence Δn à partir de l'équation numérique (2), ainsi que la contrainte principale σ_2 à partir de l'équation numérique (3):

$$\Delta n = \frac{\Delta s}{h} \quad \dots (2)$$

$$\sigma_2 = 0,1 \frac{\Delta s}{hK} \quad \dots (3)$$

où

Δn est la biréfringence engendrée par la contrainte, exprimée en nanomètres par centimètre;

Δs est la différence de chemin optique, exprimée en nanomètres (en ce qui concerne le signe, voir article 3);

K est le coefficient photo-élastique, exprimé en $10^{-6} \text{ mm}^2/\text{N}$, conformément à l'ISO 10345-1 ou à l'ISO 10345-2;

h est la hauteur de l'éprouvette, exprimée en centimètres;

σ_2 est la contrainte principale, exprimée en newtons par millimètre carré.

8 Rapport d'essai

Le rapport d'essai doit comprendre les informations suivantes:

- référence à la présente Norme internationale;
- types et désignations des verres scellés;
- vitesse de refroidissement, si elle est différente de $(2 \pm 0,2) \text{ }^\circ\text{C par min}$;
- température d'essai, si elle n'est pas comprise dans la plage allant de $15 \text{ }^\circ\text{C}$ à $35 \text{ }^\circ\text{C}$;
- pour chacune des moitiés d'une éprouvette exempte de fissures

la biréfringence Δn induite par la contrainte, exprimée en nanomètres par centimètre, à 5 nm/cm près,

la contrainte principale σ_2 , exprimée en newtons par millimètre carré, à $0,1 \text{ N/mm}^2$ près, avec le signe correspondant, conformément à l'article 3,

le coefficient photo-élastique K , exprimé en $10^{-6} \text{ mm}^2/\text{N}$, utilisé pour calculer la contrainte principale σ_2 ;

- pour les éprouvettes comportant des fissures, le type de contrainte (contrainte de traction ou contrainte de compression).

Annexe A (informative)

Bibliographie

- [1] FÖPPL, L. et MÖNCH, E. *Praktische Spannungsoptik* (3^e édition). Berlin, Göttingen, Heidelberg: Springer-Verlag (1972).
- [2] MESMER, G. *Spannungsoptik* (1^{re} édition) Berlin: Springer-Verlag (1939).
- [3] MÜLLER-POUILLET *Lehrbuch der Physik II, 1.* (11^e édition) Braunschweig: Verlag Vieweg (1929).
- [4] WOLF, H. *Spannungsoptik* (2^e édition) Berlin, Göttingen, Heidelberg: Springer-Verlag (1976).
- [5] COKER, E. G. et FILON, L. N. G. *A Treatise on Photo-Elasticity*, Cambridge (1957).
- [6] FROCHT, M. M. *Photoelasticity*, New York (1957).
- [7] KUSKE, A. *Einführung in die Spannungsoptik*, Stuttgart (1959).
- [8] RINNE, F. et BEREK, M. *Anleitung zur allgemeinen und Polarisations-Mikroskopie der Festkörper im Durchlicht* (3^e édition) Stuttgart: E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung (1973).

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

[ISO 4790:1992](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/9e76b29f-e755-41fc-857a-2df34b85490/iso-4790-1992)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/9e76b29f-e755-41fc-857a-2df34b85490/iso-4790-1992>

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO 4790:1992

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/9e76b29f-e755-41fc-857a-2dfc34b85490/iso-4790-1992>

CDU 666.1.054.2:620.172.21

Descripteurs: verre, joint de verre, joint soudé, essai, détermination, contrainte.

Prix basé sur 5 pages
