

---

# NORME INTERNATIONALE 3868

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION • МЕЖДУНАРОДНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ПО СТАНДАРТИЗАЦИИ • ORGANISATION INTERNATIONALE DE NORMALISATION

---

## Revêtements métalliques et autres revêtements non organiques — Mesurage de l'épaisseur — Méthode basée sur le principe de Fizeau d'interférométrie à faisceaux multiples

*Metallic and other non-organic coatings — Measurement of coating thicknesses — Fizeau multiple-beam interferometry method*

**(standards.iteh.ai)**

Première édition — 1976-11-01

[ISO 3868:1976](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/951bcd02-4d96-4946-87d4-796218481d83/iso-3868-1976)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/951bcd02-4d96-4946-87d4-796218481d83/iso-3868-1976>

---

CDU 669.058 : 531.715.1

Réf. n° : ISO 3868-1976 (F)

**Descripteurs** : revêtement, revêtement métallique, mesurage de dimension, épaisseur, mesurage optique, interféromètre.

## AVANT-PROPOS

L'ISO (Organisation Internationale de Normalisation) est une fédération mondiale d'organismes nationaux de normalisation (Comités Membres ISO). L'élaboration des Normes Internationales est confiée aux Comités Techniques ISO. Chaque Comité Membre intéressé par une étude a le droit de faire partie du Comité Technique correspondant. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec l'ISO, participent également aux travaux.

Les Projets de Normes Internationales adoptés par les Comités Techniques sont soumis aux Comités Membres pour approbation, avant leur acceptation comme Normes Internationales par le Conseil de l'ISO.

La Norme Internationale ISO 3868 a été établie par le Comité Technique ISO/TC 107, *Revêtements métalliques et autres revêtements non organiques*, et a été soumise aux Comités Membres en juillet 1975.

Elle a été approuvée par les Comités Membres des pays suivants :

Afrique du Sud, Rép. d'	Italie	Suisse
Allemagne	Japon	Tchécoslovaquie
Bulgarie	Mexique	Turquie
France	Nouvelle-Zélande	U.R.S.S.
Hongrie	Pologne	U.S.A.
Inde	Portugal	
Israël	Roumanie	

Le Comité Membre du pays suivant a désapprouvé le document pour des raisons techniques :

Royaume-Uni

# Revêtements métalliques et autres revêtements non organiques — Mesurage de l'épaisseur — Méthode basée sur le principe de Fizeau d'interférométrie à faisceaux multiples

## 1 OBJET ET DOMAINE D'APPLICATION

La présente Norme Internationale spécifie une méthode de mesurage de l'épaisseur des revêtements minces à haut pouvoir réfléchissant (jusqu'à  $2\ \mu\text{m}$ ), basée sur le principe de Fizeau d'interférométrie à faisceaux multiples.

La méthode décrite ne peut pas être appliquée aux revêtements en émail vitrifié.

## 2 PRINCIPE

La dissolution complète d'une petite zone de revêtement sans attaque de son substrat (ou le masquage de cette surface avant le revêtement) forme un gradin entre la surface du revêtement et celle de son substrat. La hauteur de ce gradin est mesurée au moyen d'un interféromètre à faisceaux multiples.

Un faisceau de lumière monochromatique est promené d'avant en arrière entre la surface d'une éprouvette et un miroir plan transparent placé au-dessus, qui sert de plaque de référence, de manière à produire un diagramme de franges d'interférence à observer à l'aide d'un microscope peu puissant. La plaque de référence est légèrement inclinée vers la surface à examiner, de façon que le diagramme des franges donne une série de lignes parallèles. Toute différence d'épaisseur de la surface de l'éprouvette provoque un décalage des franges. Le décalage correspondant à un espacement complet de deux franges équivaut à un déplacement vertical de  $1/2$  longueur d'onde de la lumière monochromatique. Le nombre entier ou fractionnaire d'intervalles de décalage entre les franges est déterminé au moyen d'un oculaire micrométrique.

## 3 DÉFINITIONS

**3.1 oculaire micrométrique à fils mobiles :** Dispositif servant à observer et à mesurer une image. Il se compose d'un objectif réglable, d'un réticule déplaçable à l'aide d'un bouton gradué et de fils croisés placés dans le champ d'observation.

**3.2 unités réticulaires :** Graduations micrométriques proportionnelles à l'unité de longueur absolue.

**3.3 lame de Fizeau :** Surface lisse, optiquement plane, à haut pouvoir réfléchissant et faible pouvoir absorbant.

**3.4 franges d'interférence :** Bandes sombres résultant de l'interférence de radiations lumineuses.

**3.5 fils mobiles :** Partie de l'oculaire à réticule, déplacée à l'aide du bouton gradué et servant à mesurer l'espacement des franges et leur décalage.

**3.6 décalage :** Déviation d'une frange d'interférence provoquée par la rencontre d'une variation de hauteur de la surface d'une éprouvette.

**3.7 espacement :** Distance séparant deux franges.

## 4 MATÉRIEL

Cet instrument emploie :

- un faisceau de lumière monochromatique;
- un appareillage optique pour diriger la lumière à travers une lame de Fizeau à revêtement spécial, posée sur l'éprouvette selon un angle faible de manière à former un coin d'air. Un diagramme de franges d'interférence se forme dans le coin d'air et est observé dans un oculaire micrométrique à fils mobiles. L'interprétation de l'espacement et de la forme des franges permet de déterminer une carte très précise des lignes de niveau de la surface de l'éprouvette.

## 5 FACTEURS INFLUENÇANT LA PRÉCISION DE MESURAGE

Les facteurs suivants peuvent influencer la précision de mesurage de l'épaisseur d'un revêtement :

### 5.1 Couche superficielle réfléchissante

Pour obtenir les franges sombres et étroites nécessaires à un mesurage de précision et pour éviter les erreurs de déphasage dues au fait que la lumière est réfléchiée par différents matériaux, il faut revêtir l'éprouvette d'une couche de matériau à haut pouvoir réfléchissant tel qu'aluminium ou argent. Si, au niveau du gradin, les surfaces ont un haut pouvoir réfléchissant et si les erreurs dues au déphasage sont connues et corrigées, la couche réfléchissante peut être supprimée.

5.2 Forme du gradin

Aucune fabrication spéciale n'est nécessaire pour les éprouvettes dont l'épaisseur de revêtement est inférieure à  $0,3 \mu\text{m}$ .

Si le gradin à mesurer est brusque, il empêche de suivre des franges le traversant et l'on ne peut plus observer directement le nombre d'intervalles complets de décalage existant entre les franges. Cela peut être déterminé par une estima-

tion indépendante de l'épaisseur sur la base de connaissances préalables, ou de mesurages selon d'autres techniques telles que profilométrie, interférométrie en lumière blanche, etc.

Selon la méthode appropriée, on peut aussi souvent rendre le gradin moins brusque de façon que chaque frange puisse être suivie à son niveau. L'angle optimal se situe normalement entre  $90$  et  $100^\circ$ .

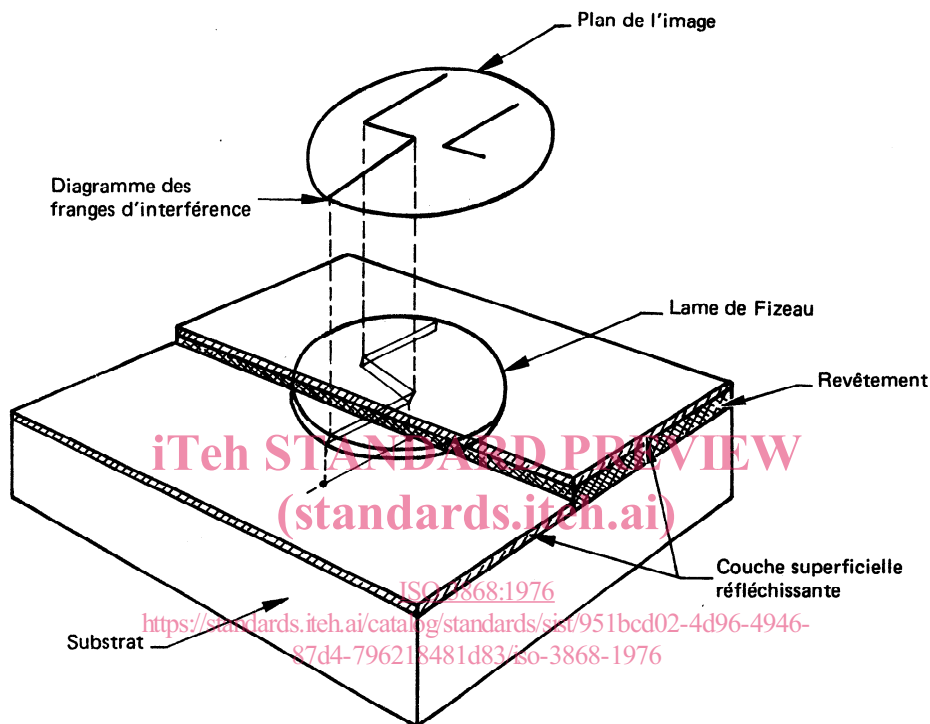


FIGURE 1

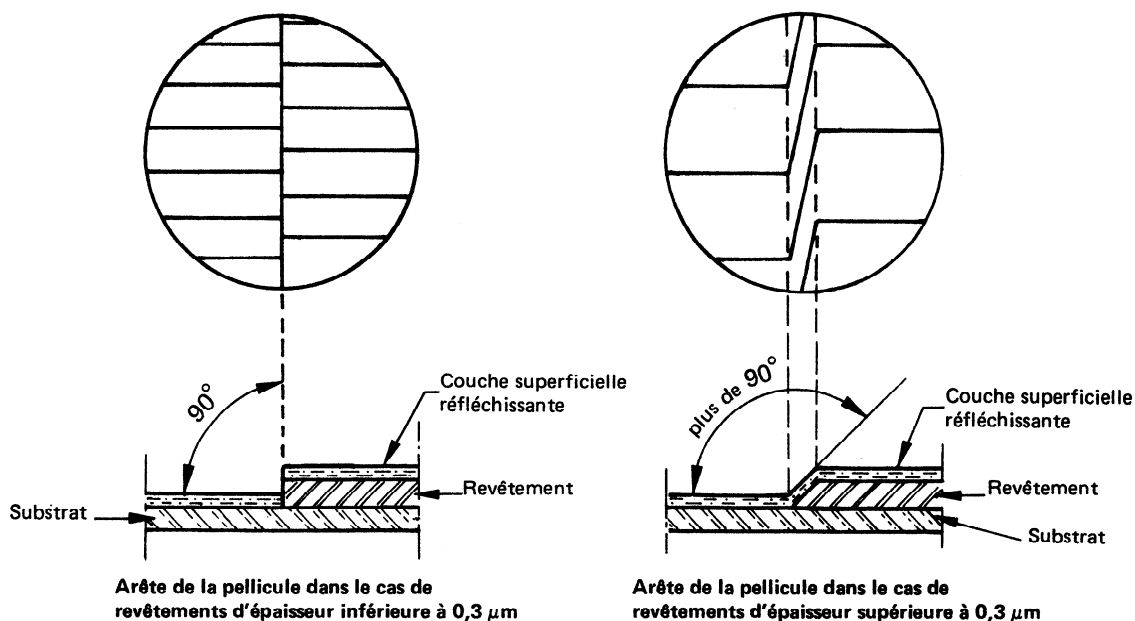


FIGURE 2

### 5.3 Précision de lecture

Les erreurs éventuelles dues au jeu de la pièce peuvent être évitées en procédant toujours au réglage final du micromètre dans la même direction.

### 5.4 Planéité de la surface

Une surface très plane est requise, notamment pour mesurer des épaisseurs comprises entre 0,001 et 0,01  $\mu\text{m}$ , de façon à donner des franges bien définies après grossissement. Si la surface n'est pas plane, les franges seront incurvées et rendront la précision de mesurage plus difficile. La perte de précision augmente lorsque le rayon de courbure diminue.

### 5.5 Définition du gradin

Afin de procéder à un bon mesurage de l'épaisseur, il est nécessaire d'avoir une bonne définition du gradin. Si le gradin est mal défini, les franges ne seront pas droites et il est possible de provoquer des erreurs lors de la superposition des fils du réticule sur les lignes de franges. Il peut également être difficile ou impossible de suivre les franges à travers le gradin. La faible définition peut être le résultat de la méthode de préparation du gradin.

(Si le revêtement, dont l'épaisseur est à mesurer, a été obtenu par dépôt électrolytique et si le masquage a été fait avant dépôt, il est probable qu'il se formera une nervure ou un rebord au niveau de l'arête du gradin en raison de la forte densité de courant localisée le long de cette arête. Cela se traduit par une courbe sur le diagramme des franges à l'arête. Cette courbe doit être négligée ou évitée.)

### 5.6 Rugosité

Une rugosité superficielle, donnant des franges irrégulières, provoque une incertitude dans la mesure de l'épaisseur du revêtement, car les franges sont moins visibles, très diffusées et mal définies.

### 5.7 Propreté

Afin d'obtenir les meilleurs résultats, il est nécessaire que la surface soit exempte de résidus de fabrication, traces de doigts, huile, etc. Les zones de l'éprouvette présentant des défauts visibles doivent être évitées lors du mesurage.

### 5.8 Préparation du gradin

Si le gradin est formé par masquage et dissolution du revêtement, toute attaque du substrat ou dissolution incomplète du revêtement entraînera une mesure fautive.

## 6 ÉTALONNAGE

La mesure obtenue par interférométrie à faisceaux multiples est une mesure absolue qui n'a pas besoin d'étalonnage.

## 7 MODE OPÉRATOIRE

### 7.1 Préparation du gradin

#### 7.1.1 Masquage avant dépôt électrolytique

7.1.1.1 Masquer une portion de la surface avant dépôt électrolytique.

7.1.1.2 Revêtir la portion non masquée de la surface.

7.1.1.3 Enlever complètement le masque.

NOTE — La zone masquée doit être aussi petite que possible de manière à minimiser la formation d'arêtes.

#### 7.1.2 Masquage après dépôt électrolytique

7.1.2.1 Masquer toute la surface de revêtement, à l'exception de la portion à dissoudre.

7.1.2.2 Dissoudre une petite zone du revêtement.

7.1.2.3 Enlever le masque.

#### NOTES

1 La préparation du gradin doit être telle que le sommet du gradin ne puisse être ni endommagé, ni attaqué en aucune manière, que le fond du gradin soit exempt de toute trace du revêtement et que le revêtement soit enlevé sans attaquer en aucune manière son substrat.

2 La pente du gradin doit être telle que l'on puisse suivre le déplacement des franges à son niveau. Cette exigence peut être négligée si la hauteur du gradin ou l'épaisseur du revêtement est déjà connue avec une précision suffisante pour déterminer combien d'espacements de franges sont couverts par le déplacement de la frange.

### 7.2 Mode opératoire

Pour obtenir un diagramme des lignes de franges, on doit suivre le mode opératoire suivant :

7.2.1 Régler le foyer de l'objectif et placer le gradin dans le champ du microscope.

7.2.2 Régler l'angle entre la lame de Fizeau et l'éprouvette afin d'obtenir un diagramme de franges. Régler la position angulaire de l'éprouvette de façon que les franges soient perpendiculaires au gradin.

7.2.3 Régler la brillance, la grandeur de champ et le foyer de l'oculaire afin d'obtenir une définition optimale des franges.

7.2.4 Régler de nouveau le foyer de l'objectif afin d'obtenir le maximum de clarté.

7.2.5 Mesurer le déplacement d'une frange à travers le gradin et l'espacement entre franges avec un micromètre à réticule.

L'épaisseur du revêtement est donnée par

$$d = \Delta N \frac{\lambda}{2}$$

où

$\Delta N$  est le nombre de franges ou fraction de franges traversant le gradin;

$\lambda$  est la longueur d'onde de la lumière incidente.

Pour mesurer à l'aide d'un oculaire à réticule, on adopte en pratique la méthode dite de «décalage des franges» (voir figure 3).

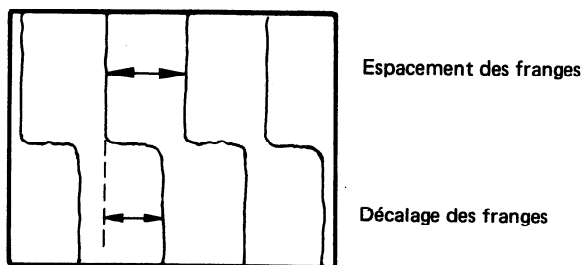


FIGURE 3

L'épaisseur de revêtement est calculée à partir de l'espace et du décalage des franges, exprimés en unités réticulaires, de la manière suivante :

$$\frac{\text{décalage des franges (unités réticulaires)}}{\text{espace des franges (unités réticulaires)}} \times \frac{\lambda}{2} = \text{hauteur de la variation de surface}$$

Les mesures de revêtements minces déposés sur des substrats lisses peuvent être améliorées en adoptant la méthode dite de «largeur des lignes de franges». Cette méthode est particulièrement intéressante pour mesurer des variations de surface comprises entre 0,002 et 0,01  $\mu\text{m}$ , mais elle est d'application générale. Il est nécessaire de disposer d'une éprouvette très lisse afin d'obtenir des lignes bien définies et de conserver une bonne définition après grossissement comme le montrent les figures 4 et 5.

Le mode opératoire est le suivant :

1) régler l'inclinaison de la lame de Fizeau de manière à grossir le diagramme des franges jusqu'à ne plus observer que deux lignes (figure 4);

2) calculer la largeur réelle de la ligne :

$$\frac{\text{largeur relative de la ligne (unités réticulaires)}}{\text{espace des lignes (unités réticulaires)}} \times \frac{\lambda}{2} = \text{largeur réelle de la ligne}$$

3) régler l'inclinaison de la lame de Fizeau de manière à grossir le diagramme des franges jusqu'à ne plus observer qu'une seule grosse ligne (figure 5);

4) calculer l'épaisseur du revêtement :

$$\frac{\text{décalage de la ligne (unités réticulaires)}}{\text{largeur relative de la ligne (unités réticulaires)}} \times \text{largeur réelle* de la ligne} = \text{épaisseur du revêtement}$$

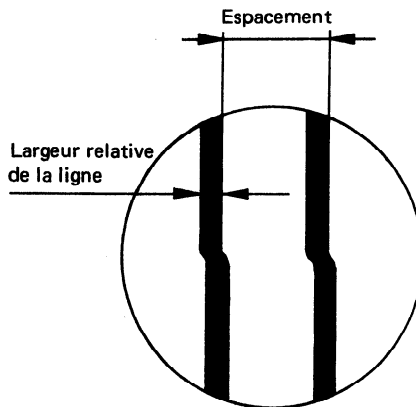


FIGURE 4

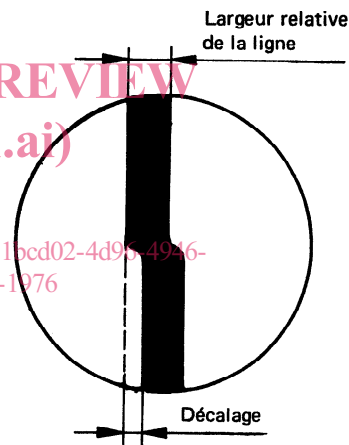


FIGURE 5

La largeur de ligne sur une surface très lisse est de 0,006  $\mu\text{m}$  environ. La précision est de 0,003  $\mu\text{m}$ , c'est-à-dire  $\pm 50\%$ . Un revêtement d'épaisseur 0,002  $\mu\text{m}$  peut donc être mesuré avec une précision de  $\pm 0,001 \mu\text{m}$ .

La méthode dite de «largeur des lignes de franges» dépend de l'uniformité de cette largeur. L'uniformité de la largeur des lignes doit être vérifiée expérimentalement ou avec le fabricant de l'instrument.

### 8 PRÉCISION DE MESURAGE

L'interféromètre à faisceaux multiples donne une mesure absolue de la variation microscopique verticale de la surface entre 0,002 et 2  $\mu\text{m}$ . En adoptant la méthode dite de «largeur des lignes de franges», la précision est normalement de  $\pm 0,001 \mu\text{m}$  dans la gamme des épaisseurs de 0,002 à 0,01  $\mu\text{m}$ , et normalement de  $\pm 0,003 \mu\text{m}$  dans la gamme de 0,01 à 2  $\mu\text{m}$ .

\* Calculée au point 2.

Page blanche

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

ISO 3868:1976

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/951bcd02-4d96-4946-87d4-796218481d83/iso-3868-1976>

Page blanche

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

ISO 3868:1976

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/951bcd02-4d96-4946-87d4-796218481d83/iso-3868-1976>