
**Aciers — Détermination de la teneur
en inclusions non métalliques —
Méthode micrographique à l'aide
d'images types**

*Steel — Determination of content of non-metallic inclusions —
Micrographic method using standard diagrams*

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

[ISO 4967:2013](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/631317f1-2dc3-40f5-bfcc-025c6035b946/iso-4967-2013)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/631317f1-2dc3-40f5-bfcc-025c6035b946/iso-4967-2013>



iTeh STANDARD PREVIEW (standards.iteh.ai)

ISO 4967:2013

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/631317f1-2dc3-40f5-bfcc-025c6035b946/iso-4967-2013>



DOCUMENT PROTÉGÉ PAR COPYRIGHT

© ISO 2013

Droits de reproduction réservés. Sauf indication contraire, 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, l'affichage sur l'internet ou sur un Intranet, sans autorisation écrite préalable. Les demandes d'autorisation peuvent être adressées à l'ISO à l'adresse ci-après ou au comité membre de l'ISO dans le pays du demandeur.

ISO copyright office
Case postale 56 • CH-1211 Geneva 20
Tel. + 41 22 749 01 11
Fax + 41 22 749 09 47
E-mail copyright@iso.org
Web www.iso.org

Publié en Suisse

Sommaire

Page

Avant-propos.....	iv
1 Domaine d'application	1
2 Principe	1
3 Prélèvement	2
4 Préparation des échantillons	7
5 Détermination de la teneur en inclusions	7
5.1 Méthode d'observation.....	7
5.2 Examen proprement dit.....	8
6 Expression des résultats	10
6.1 Généralités.....	10
6.2 Cas de la méthode A.....	10
6.3 Cas de la méthode B.....	10
7 Rapport d'essai	11
Annexe A (normative) Images types pour les groupes d'inclusions A, B, C, D et DS	12
Annexe B (informative) Cotation d'un champ et d'inclusions ou de chapelets de dimensions supérieures aux limites	27
Annexe C (informative) Exemple type de résultats (indication du nombre total de champs d'un indice donné, par type d'inclusions, pour un nombre donné de champs observés)	30
Annexe D (informative) Relation entre les indices des images types et les mesures des inclusions	34

ISO 4967:2013

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/631317f1-2dc3-40f5-bfcc-025c6035b946/iso-4967-2013>

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 procédures utilisées pour élaborer le présent document et celles destinées à sa mise à jour sont décrites dans les Directives ISO/CEI, Partie 1. Il convient, en particulier de prendre note des différents critères d'approbation requis pour les différents types de documents ISO. Le présent document a été rédigé conformément aux règles de rédaction données dans les Directives ISO/CEI, Partie 2, www.iso.org/directives.

L'attention est appelée sur le fait que certains des éléments du présent document peuvent faire l'objet de droits de propriété intellectuelle ou de droits analogues. L'ISO ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et averti de leur existence. Les détails concernant les références aux droits de propriété intellectuelle ou autres droits analogues identifiés lors de l'élaboration du document sont indiqués dans l'Introduction et/ou sur la liste ISO des déclarations de brevets reçues, www.iso.org/patents.

Les éventuelles appellations commerciales utilisées dans le présent document sont données pour information à l'intention des utilisateurs et ne constituent pas une approbation ou une recommandation.

Le comité chargé de l'élaboration du présent document est l'ISO/TC 17, *Acier*, sous-comité SC 7, *Méthodes d'essais (autres que les essais mécaniques et l'analyse chimique)*.

Cette troisième édition annule et remplace la seconde édition (ISO 4967:1998), qui a fait l'objet d'une révision mineure.

ISO 4967:2013
<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/631317f1-2dc3-40f5-bfcc-025c6035b946/iso-4967-2013>

Aciers — Détermination de la teneur en inclusions non métalliques — Méthode micrographique à l'aide d'images types

1 Domaine d'application

La présente Norme internationale spécifie une méthode micrographique à l'aide d'images types, permettant de déterminer les inclusions non métalliques dans les aciers laminés ou forgés ayant un taux de corroyage d'au moins 3. La présente méthode est largement utilisée pour évaluer l'aptitude de l'acier à un emploi donné. Cependant, comme il est difficile d'obtenir des résultats reproductibles en raison de l'influence de l'opérateur, même avec un grand nombre d'échantillons, il convient de prendre des précautions lors de l'utilisation de la méthode.

NOTE Pour certains types d'acier (aciers de décolletage par exemple), les images types décrites dans la présente Norme internationale peuvent ne pas être applicables.

La présente Norme internationale s'applique également à la détermination des inclusions non métalliques à l'aide de techniques d'analyse d'images (voir [Annexe D](#)).

2 Principe

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

La méthode consiste à comparer le champ observé avec les images types définies dans la présente Norme internationale et à prendre en considération chaque type d'inclusions séparément. Dans le cas de l'analyse d'images, les champs seront évalués selon les relations données dans l'[Annexe D](#).

Ces images types correspondent à des champs visuels carrés de $0,50 \text{ mm}^2$ de surface, pris dans une coupe longitudinale polie et observés à un grossissement de $100 \times$.

D'après la forme et la répartition des inclusions, les images types sont divisées en cinq groupes principaux référencés A, B, C, D et DS.

Ces cinq groupes correspondent aux types et morphologies d'inclusions les plus communément observés:

- **Groupe A (type sulfure):** particules grises isolées, très malléables, avec une large fourchette de facteur de forme (longueur/largeur) et généralement à extrémités arrondies;
- **Groupe B (type aluminat):** particules nombreuses (au moins 3), angulaires, non déformables, ayant un faible facteur de forme (généralement < 3), noires ou bleuâtres, alignées dans la direction de déformation;
- **Groupe C (type silicate):** particules isolées noires ou gris foncé, très malléables avec une large fourchette de facteur de forme (généralement > 3) et généralement à extrémités pointues;
- **Groupe D (type oxyde globulaire):** particules distribuées au hasard, non déformables, angulaires ou circulaires, à faible facteur de forme (généralement < 3), noires ou bleuâtres;
- **Groupe DS (type globulaire unique):** particule unique circulaire ou presque circulaire de diamètre $> 13 \text{ }\mu\text{m}$.

Sur la base de leur morphologie, les inclusions non traditionnelles peuvent également être cotées, par comparaison avec les 5 types définis ci-dessus et avec indication de leur nature chimique. Ainsi, des inclusions globulaires de sulfure seraient cotées en type D et un indice descriptif (par exemple D_{sulf}) défini dans le rapport d'essai. D_{cas} indiquerait des sulfures globulaires de calcium, D_{RES} indiquerait des sulfures globulaires de terres rares (Rare Earth Sulfides) et D_{Dup} indiquerait des inclusions globulaires biphasées (Duplex) telles qu'un sulfure de calcium entourant un aluminat.

Les précipités de type borures, carbures, carbonitrides ou nitrures peuvent également être cotés, sur la base de leur morphologie, par comparaison avec les 5 types définis ci-dessus et avec indication de la nature chimique, comme décrit dans l'alinéa précédent.

NOTE L'examen à un grossissement supérieur à 100 × peut être utilisé pour identifier la nature des inclusions non traditionnelles avant d'effectuer l'essai.

Chaque groupe principal d'images types est composé de deux sous-groupes, chacun formé de 6 figures représentant des teneurs croissantes d'inclusions. Cette subdivision en sous-groupes n'a pour but que de donner des exemples de différentes épaisseurs de particules non métalliques.

Les images-types, par groupe d'inclusions, sont données dans l'Annexe A.

Chaque image-type comporte un indice, *i*, allant de 0,5 à 3, les nombres croissant avec la longueur de l'inclusion ou de l'alignement d'inclusions (groupes A, B, C), ou avec le nombre (groupe D), ou avec le diamètre (groupe DS), comme défini dans le Tableau 1 et avec l'épaisseur comme défini dans le Tableau 2. L'indice A 2, par exemple, indique que la forme des inclusions observées au microscope est conforme au groupe A et que leur répartition et quantité correspondent à l'indice 2.

Tableau 1 — Limites de cotation (valeurs minimales)

Indice de l'image type <i>i</i>	Groupes d'inclusions				
	A Longueur totale μm	B Longueur totale μm	C Longueur totale μm	D Nombre	DS Diamètre μm
0,5	37	17	18	1	13
1	127	77	76	4	19
1,5	261	184	176	9	27
2	436	343	320	16	38
2,5	649	555	510	25	53
3	898	822	746	36	76
	(< 1181)	(< 1147)	(< 1029)	(< 49)	(< 107)

NOTE Pour les groupes A, B, et C, les valeurs de longueurs ci-dessus ont été calculées à l'aide des formules données dans l'Annexe D et arrondies au nombre entier le plus proche.

Tableau 2 — Paramètres d'épaisseur des inclusions

Groupe-type	Fine		Épaisse	
	Épaisseur mini-male μm	Épaisseur maximale μm	Épaisseur mini-male μm	Épaisseur maximale μm
A	2	4	4	12
B	2	9	9	15
C	2	5	5	12
D	2	8	8	13

NOTE Pour le type D, la dimension maximale est définie comme étant le diamètre.

3 Prélèvement

La forme des inclusions dépend dans une large mesure du taux de corroyage de l'acier; les mesurages comparatifs ne peuvent, par conséquent, être effectués que sur des sections préparées et prélevées sur des échantillons ayant un taux de corroyage similaire.

La surface polie de l'échantillon utilisé pour la détermination de la teneur en inclusions doit être d'environ 200 mm² (20 mm × 10 mm). Elle doit être parallèle à l'axe longitudinal du produit et située à mi-distance entre la face externe et le centre.

Le mode de prélèvement doit être défini dans la norme de produit ou faire l'objet d'un accord entre les parties. La surface d'examen, dans le cas des tôles épaisses, doit être située approximativement au quart de la largeur.

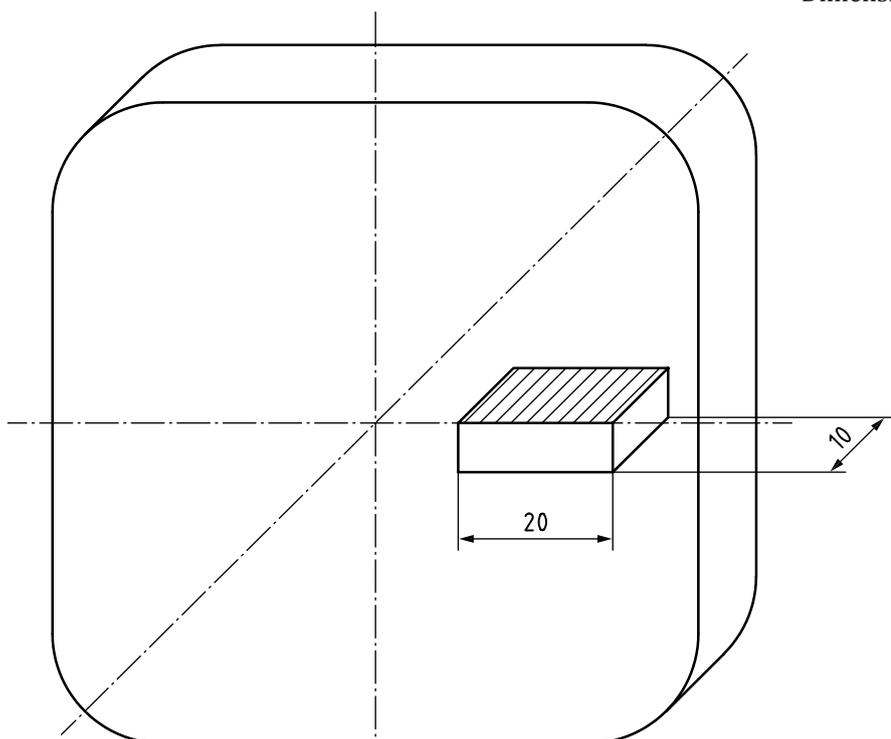
En l'absence de telles spécifications, le prélèvement doit être effectué comme suit:

- barre ou billette de diamètre supérieur à 40 mm: la surface d'examen est constituée d'une section diamétrale située à mi-distance entre la face externe et le centre (voir [Figure 1](#));
- barre de diamètre supérieur à 25 mm et inférieur ou égal à 40 mm: la surface d'examen est constituée par le demi-plan diamétral, du centre au bord de l'échantillon (voir [Figure 2](#));
- barre de diamètre inférieur ou égal à 25 mm: la surface d'examen est constituée par le plan diamétral complet, de longueur suffisante pour l'obtention d'une surface utile d'environ 200 mm² (voir [Figure 3](#));
- tôle d'épaisseur inférieure ou égale à 25 mm: la surface d'examen est constituée d'une section longitudinale comprenant toute l'épaisseur et située au quart de la largeur (voir [Figure 4](#));
- tôle d'épaisseur supérieure à 25 mm et inférieure ou égale à 50 mm: la surface d'examen est constituée d'une section longitudinale comprenant la demi-épaisseur, depuis la surface jusqu'au centre et située au quart de la largeur (voir [Figure 5](#));
- tôle d'épaisseur supérieure à 50 mm: la surface d'examen est constituée d'une section longitudinale comprenant le quart de l'épaisseur et située à mi-distance entre la face externe et la mi-épaisseur et située au quart de la largeur (voir [Figure 6](#)).

Le nombre d'échantillons à prélever est défini par la norme de produit ou selon accord particulier.

Pour tout autre produit, les modes de prélèvement doivent faire l'objet d'un accord entre les parties.

Dimensions en millimètres



iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

Figure 1 — Prélèvement sur barre ou billette de diamètre ou de côté > 40 mm

ISO 4967:2013
<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/631317f1-2dc3-40f5-bfcc-025e6055b946/iso-4967-2013>

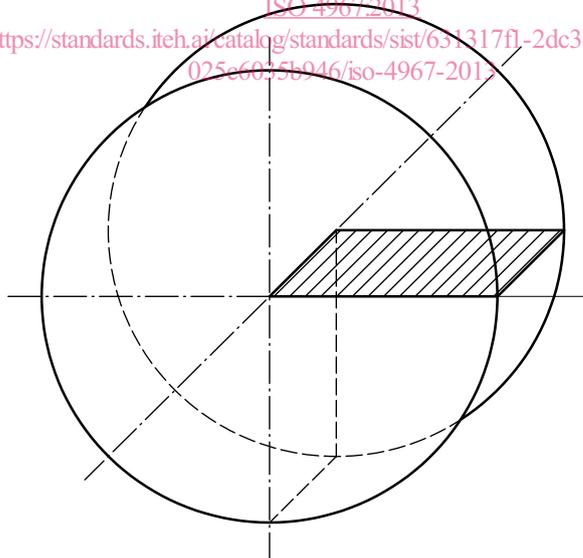


Figure 2 — Prélèvement sur barre ou billette de diamètre ou de côté > 25 mm et ≤ 40 mm

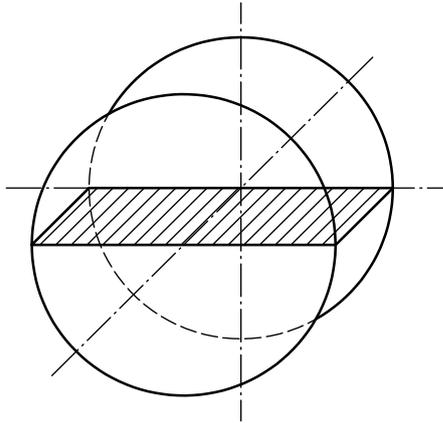
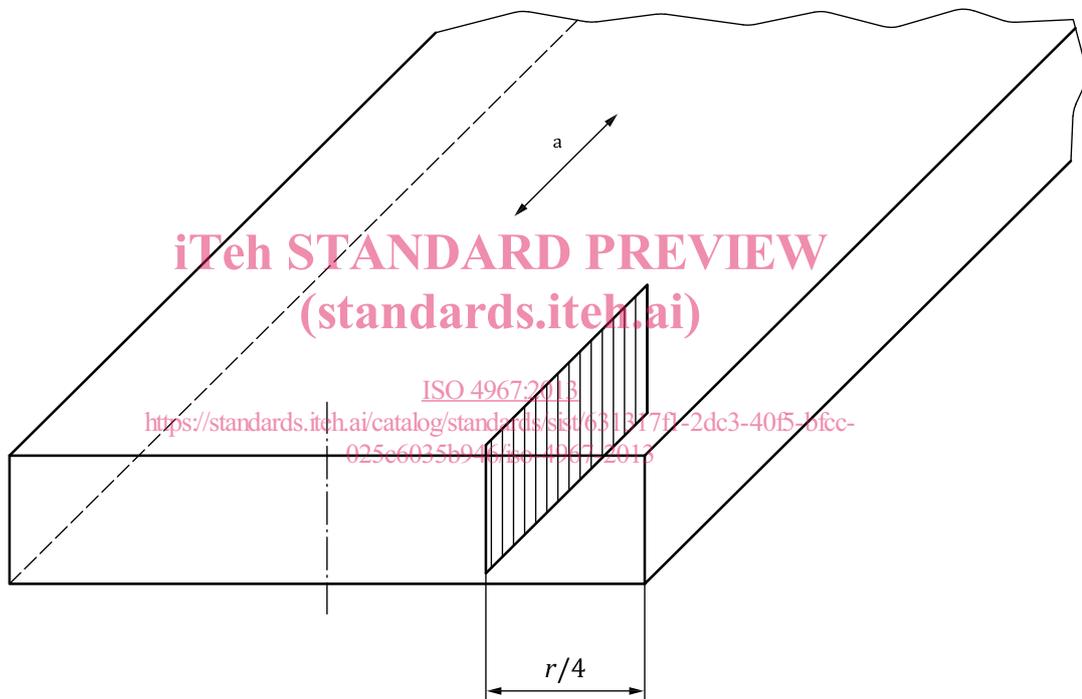


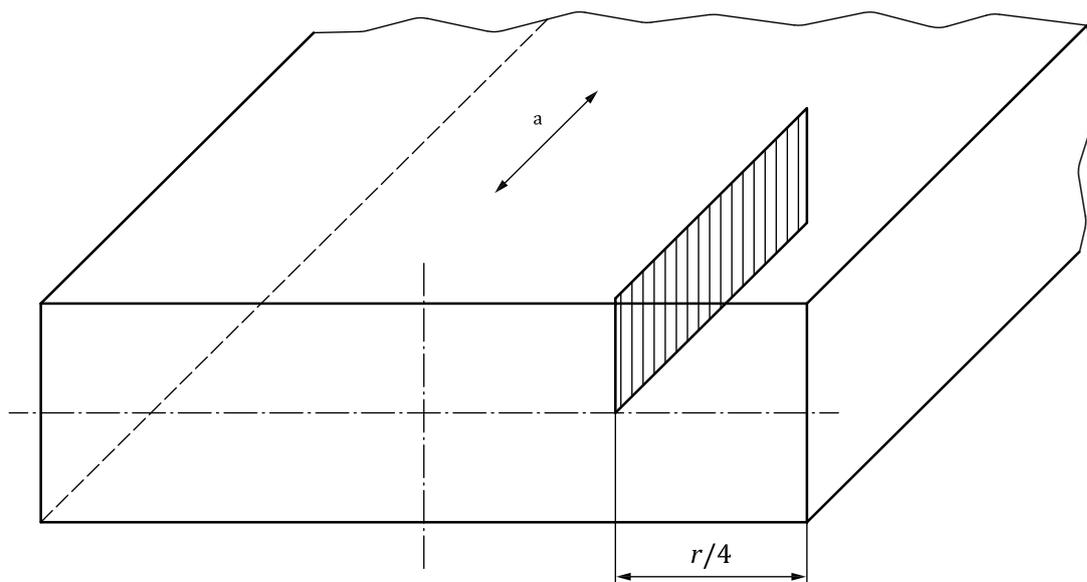
Figure 3 — Prélèvement sur barre de diamètre ≤ 25 mm



Légende

- a Direction du laminage.
- r largeur

Figure 4 — Prélèvement sur tôle d'épaisseur ≤ 25 mm



Légende

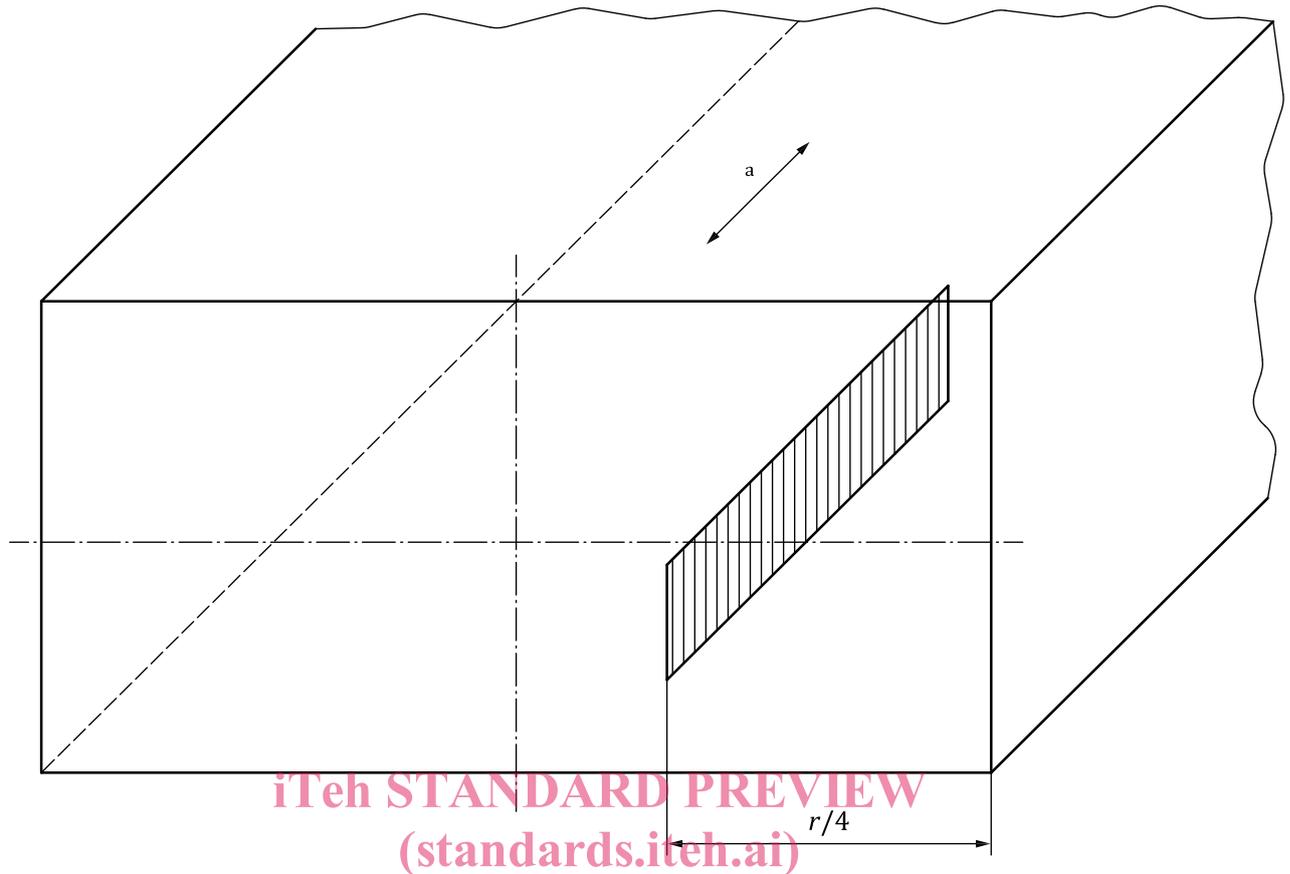
- a Direction du laminage.
- r largeur

Figure 5 — Prélèvement sur tôle d'épaisseur > 25 mm et ≤ 50 mm

(standards.iteh.ai)

[ISO 4967:2013](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/631317f1-2dc3-40f5-bfcc-025c6035b946/iso-4967-2013)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/631317f1-2dc3-40f5-bfcc-025c6035b946/iso-4967-2013>



Légende

a Direction du laminage.

ISO 4967:2013

r largeur

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/631317f1-2dc3-40f5-bfcc-025c6035b946/iso-4967-2013>

Figure 6 — Prélèvement sur tôle d'épaisseur > 50 mm

4 Préparation des échantillons

L'échantillon doit être découpé de façon à obtenir la surface d'examen. Afin d'obtenir une surface plane et d'éviter un arrondissement des bords de l'échantillon lors du polissage, l'échantillon peut être inséré dans un montage mécanique ou être enrobé.

Lors du polissage des échantillons, il est important d'éviter tout arrachage ou toute déformation des inclusions, ou toute contamination de la surface polie, de manière que la surface soit aussi propre que possible et que la forme des inclusions ne soit pas affectée. Ces précautions sont particulièrement importantes dans le cas de petites inclusions. Le polissage à la pâte diamantée est conseillé. Dans certains cas, il peut être nécessaire de faire subir à l'échantillon, avant polissage, un traitement thermique approprié, afin de lui conférer la plus grande dureté possible.

5 Détermination de la teneur en inclusions

5.1 Méthode d'observation

L'examen au microscope peut se faire de deux manières:

- soit par projection sur un verre dépoli;
- soit par observation à l'aide d'un oculaire.

Le méthode d'observation choisie doit être maintenue pour toute la durée de l'essai

Si l'image est projetée sur un verre dépoli, ou un dispositif similaire, le grossissement sur le verre dépoli doit être de $100 \times \pm 2 \times$. Placer sur le verre dépoli, ou en dessous, un cache plastique transparent (voir Figure 7) comportant un carré de 71 mm de côté ($0,50 \text{ mm}^2$ de la surface réelle). L'image à l'intérieur du carré est comparée aux images types données (Annexe A).

Si les inclusions sont examinées à l'aide d'un oculaire, insérer un réticule comprenant une grille de mesure telle que celle donnée à la Figure 7 dans le microscope à l'endroit approprié pour que la grille d'essai ait une surface réelle de $0,50 \text{ mm}^2$ dans le plan image.

NOTE Dans des cas particuliers, un grossissement supérieur à 100 peut être utilisé, sous réserve que le même grossissement soit appliqué aux images types, et doit être noté dans le rapport d'essai.

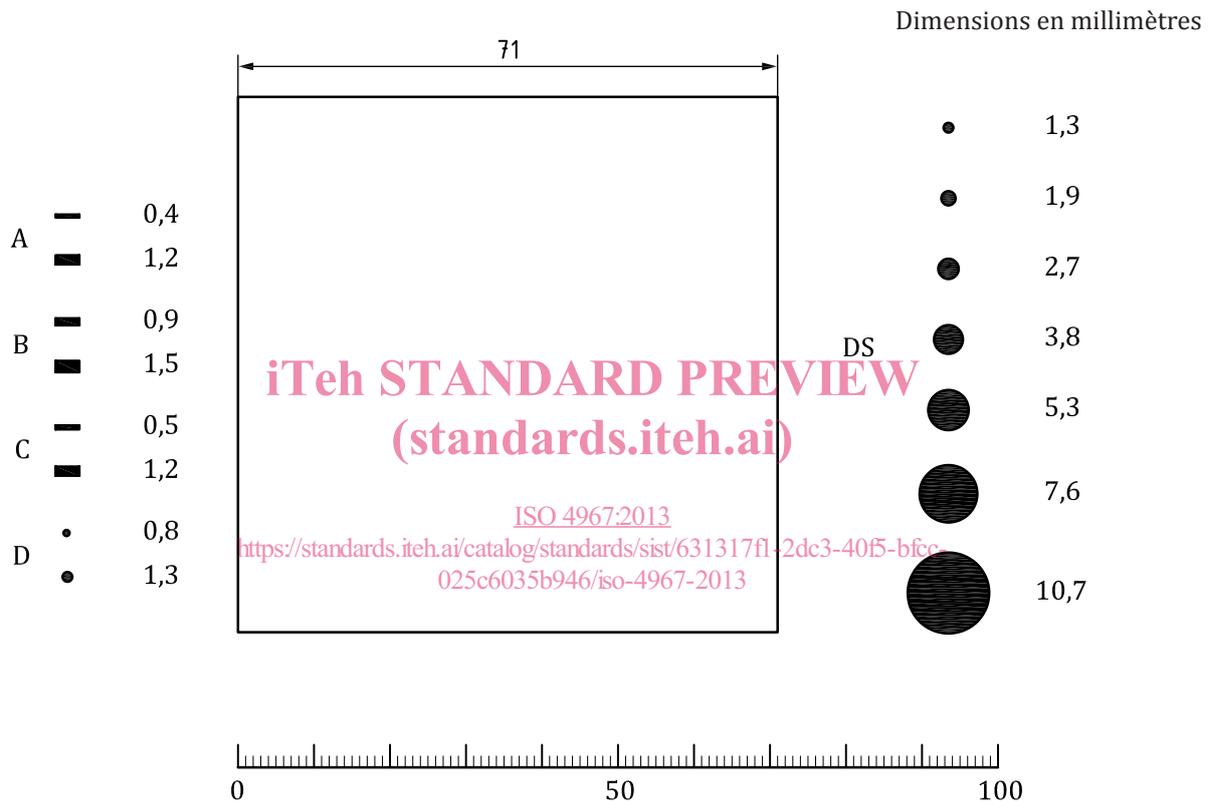


Figure 7 — Grille de mesure

5.2 Examen proprement dit

Deux méthodes sont définies, comme décrit aux 5.2.1 et 5.2.2.

5.2.1 Méthode A

Toute la surface polie est examinée et, pour chaque type d'inclusions, il est pris note du numéro de référence se trouvant sur le côté de l'image type, ce numéro correspondant au champ le plus défavorable examiné dans les séries fine et épaisse.

5.2.2 Méthode B

Toute la surface polie est examinée et chaque champ de l'échantillon est comparé avec les images types. Le nombre indicatif du champ (indiqué sur le côté des images types) qui, pour chaque type d'inclusions, correspond le mieux au champ examiné est noté en série fine ou en série épaisse.

Afin de réduire le coût de l'examen, il peut être convenu d'effectuer un examen partiel de l'échantillon, en n'observant qu'un nombre réduit de champs répartis suivant un schéma déterminé. Le nombre de champs observés ainsi que leur répartition sur la surface d'examen doivent faire l'objet d'un accord préalable.

5.2.3 Règles générales pour les méthodes A et B

Chaque champ observé est comparé avec les images types. Si un champ d'inclusions se trouve entre deux images types, il est évalué selon l'image inférieure.

Les inclusions isolées ou les chapelets d'inclusions qui ont une longueur supérieure à la dimension du champ (0,710 mm), ou une largeur ou un diamètre supérieur que le maximum de la série épaisse (voir [Tableau 2](#)), doivent être cotés comme dépassant les limites fixées pour la longueur, la largeur ou le diamètre. Les dimensions dépassant les limites des inclusions ou chapelets d'inclusions doivent être notés séparément. Cependant, ces inclusions doivent être considérées comme faisant partie de la cotation totale de ce champ.

La reproductibilité des mesures est améliorée en effectuant des mesures réelles (longueur des alignements d'inclusions des types A, B et C, diamètre des inclusions de type DS) et des décomptes (inclusions de type D). Utiliser une grille ou un réticule, comme montré à la [Figure 7](#), les limites de mesure des [Tableaux 1](#) et [2](#), les caractéristiques morphologiques données à l'[Article 2](#), comme illustré sur les images types.

Les types d'inclusions non traditionnelles sont évalués selon le groupe (A, B, C, D, DS) qui correspond le mieux à leur morphologie. Comparer la longueur, le nombre, l'épaisseur ou le diamètre des inclusions à chacun des groupes de l'[Annexe A](#), ou déterminer leur longueur totale, nombre, épaisseur ou diamètre, et utiliser les [Tableaux 1](#) et [2](#), pour attribuer l'indice de la teneur en inclusions et la classe d'épaisseur (fine, épaisse ou de dimensions supérieures) appropriés. Puis indiquer la nature de l'inclusion non traditionnelle sous la forme d'un indice descriptif au symbole du groupe d'inclusions. Noter dans le rapport d'essai la signification de l'indice descriptif.

ISO 4967:2013

Pour les inclusions des types A, B et C, deux inclusions isolées ou des chapelets de longueurs respectives l_1 et l_2 , et qui sont alignés ou non, sont considérés comme une inclusion ou un alignement si la distance d est inférieure ou égale à $40 \mu\text{m}$ et si la distance s , (distance entre les centres des inclusions ou des chapelets) est inférieure ou égale à $10 \mu\text{m}$ (voir [Figures 8](#) et [9](#)).

Dans le cas de chapelets avec des inclusions de largeurs différentes, la largeur à considérer est la largeur de la plus grosse inclusion.

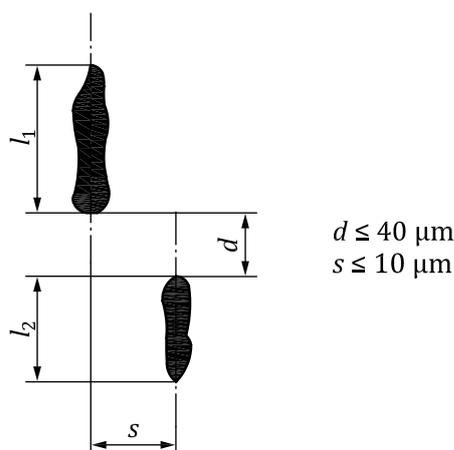


Figure 8 — Inclusions des types A et C