
**Matériaux métalliques — Essai de
dureté Knoop —**

**Partie 1:
Méthode d'essai**

Metallic materials — Knoop hardness test —

Part 1: Test method

Document Preview
(<https://standards.iteh.ai>)

ISO 4545-1:2023

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iso/54463d90-7ba8-4940-9047-665c5b3bda64/iso-4545-1-2023>



iTeh Standards
(<https://standards.iteh.ai>)
Document Preview

ISO 4545-1:2023

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iso/54463d90-7ba8-4940-9047-665c5b3bda64/iso-4545-1-2023>



DOCUMENT PROTÉGÉ PAR COPYRIGHT

© ISO 2023

Tous droits réservés. Sauf prescription différente ou nécessité dans le contexte de sa mise en œuvre, 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, ou la diffusion sur l'internet ou sur un intranet, sans autorisation écrite préalable. Une autorisation peut être demandée 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 401 • Ch. de Blandonnet 8
CH-1214 Vernier, Genève
Tél.: +41 22 749 01 11
E-mail: copyright@iso.org
Web: www.iso.org

Publié en Suisse

Sommaire

Page

Avant-propos	iv
1 Domaine d'application	1
2 Références normatives	1
3 Termes et définitions	1
4 Symboles et désignations	2
4.1 Symboles et désignations utilisés dans le présent document	2
4.2 Désignation de la valeur de dureté	2
5 Principe	2
6 Machine d'essai	3
6.1 Machine d'essai	3
6.2 Pénétrateur	3
6.3 Système de mesure de la diagonale	3
7 Éprouvette	4
7.1 Surface d'essai	4
7.2 Préparation	4
7.3 Épaisseur	4
7.4 Support pour les pièces instables	4
7.5 Revêtements métalliques et autres revêtements inorganiques	5
8 Mode opératoire	5
8.1 Température d'essai	5
8.2 Force d'essai	5
8.3 Vérification périodique	5
8.4 Support de l'éprouvette	5
8.5 Mise au point sur la surface d'essai	6
8.6 Application de la force d'essai	6
8.7 Prévention de l'effet de choc ou de vibration	6
8.8 Distance minimale entre deux empreintes adjacentes	6
8.9 Mesurage de la longueur de la diagonale	7
8.10 Calcul de la valeur de dureté	7
9 Incertitude des résultats	7
10 Rapport d'essai	8
Annexe A (normative) Mode opératoire de vérification périodique de la machine d'essai, du système de mesure de la diagonale et du pénétrateur par l'utilisateur	9
Annexe B (informative) Incertitude des valeurs de dureté mesurées	11
Annexe C (informative) Traçabilité du mesurage de la dureté Knoop	18
Annexe D (informative) Groupe de travail CCM sur la dureté	22
Annexe E (informative) Réglage des systèmes d'éclairage Köhler	23
Annexe F (normative) Détermination de la dureté Knoop des revêtements métalliques et autres revêtements non organiques	24
Bibliographie	28

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 (IEC) 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/IEC, 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/IEC, Partie 2 (voir www.iso.org/directives).

L'ISO attire l'attention sur le fait que la mise en application du présent document peut entraîner l'utilisation d'un ou de plusieurs brevets. L'ISO ne prend pas position quant à la preuve, à la validité et à l'applicabilité de tout droit de brevet revendiqué à cet égard. À la date de publication du présent document, l'ISO n'avait pas reçu notification qu'un ou plusieurs brevets pouvaient être nécessaires à sa mise en application. Toutefois, il y a lieu d'avertir les responsables de la mise en application du présent document que des informations plus récentes sont susceptibles de figurer dans la base de données de brevets, disponible à l'adresse www.iso.org/brevets. L'ISO ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié tout ou partie de tels droits de propriété.

Les appellations commerciales éventuellement mentionnées dans le présent document sont données pour information, par souci de commodité, à l'intention des utilisateurs et ne sauraient constituer un engagement.

Pour une explication de la nature volontaire des normes, la signification des termes et expressions spécifiques de l'ISO liés à l'évaluation de la conformité, ou pour toute information au sujet de l'adhésion de l'ISO aux principes de l'Organisation mondiale du commerce (OMC) concernant les obstacles techniques au commerce (OTC), voir www.iso.org/avant-propos.

Le présent document a été élaboré par le comité technique ISO/TC 164, *Essais mécaniques des métaux*, sous-comité SC 3, *Essais de dureté*, en collaboration avec le comité technique CEN/TC 459, *ECISS - Comité Européen pour la normalisation du fer et de l'acier*, du Comité européen de normalisation (CEN) conformément à l'Accord de coopération technique entre l'ISO et le CEN (Accord de Vienne).

Cette troisième édition de l'ISO 4545-1, avec l'ISO 6507-1:2023, annule et remplace l'ISO 4516:2002, l'ISO 4545-1:2017 et l'ISO 6507-1:2008, et a fait l'objet d'une révision technique.

Les principales modifications sont les suivantes:

- le domaine d'application a été révisé pour inclure les essais sur les revêtements métalliques et autres revêtements non organiques;
- ajout du [paragraphe 7.5](#) Revêtements métalliques et autres revêtements non organiques;
- ajout de l'[Annexe F](#) pour couvrir les exigences spécifiques aux revêtements;
- mise à jour des références.

Une liste de toutes les parties de la série ISO 4545 se trouve sur le site web de l'ISO.

Il convient que l'utilisateur adresse tout retour d'information ou toute question concernant le présent document à l'organisme national de normalisation de son pays. Une liste exhaustive desdits organismes se trouve à l'adresse www.iso.org/fr/members.html.

Matériaux métalliques — Essai de dureté Knoop —

Partie 1: Méthode d'essai

1 Domaine d'application

Le présent document spécifie la méthode d'essai de dureté Knoop pour les matériaux métalliques, pour des forces d'essai comprises de 0,009 807 N à 19,613 N.

Le présent document spécifie l'essai de dureté Knoop pour la longueur de la grande diagonale $\geq 0,020$ mm. L'utilisation de cette méthode pour déterminer la dureté Knoop d'empreintes plus petites ne fait pas partie du domaine d'application du présent document, car les résultats ainsi obtenus présenteraient des incertitudes élevées en raison des limitations du mesurage optique et des imperfections concernant la géométrie de la pointe.

L'essai de dureté Knoop spécifié dans le présent document est également applicable aux revêtements métalliques et autres revêtements inorganiques, y compris les revêtements électrodéposés, les revêtements autocatalytiques, les revêtements pulvérisés et les revêtements anodiques sur l'aluminium. Le présent document s'applique aux mesurages effectués perpendiculairement à la surface revêtue et aux mesurages effectués sur des sections transversales, à condition que les caractéristiques du revêtement (planéité, épaisseur, etc.) permettent une lecture précise de la diagonale de l'empreinte. Le présent document ne s'applique pas aux revêtements d'une épaisseur inférieure à 0,007 mm lorsque l'essai est effectué perpendiculairement à la surface du revêtement. Le présent document n'est pas applicable aux revêtements d'une épaisseur inférieure à 0,020 mm dans le cas de l'essai d'une section transversale du revêtement. La norme ISO 14577-1 peut être utilisée pour la détermination de la dureté à partir d'empreintes plus petites.

ISO 4545-1:2023

https://www.iso.org/obp/ui/#iso:code:4545:1:2023 Une méthode de vérification périodique est spécifiée pour la vérification de routine de la machine d'essai en service par l'utilisateur.

2 Références normatives

Les documents suivants sont cités dans le texte de sorte qu'ils constituent, pour tout ou partie de leur contenu, des exigences du présent document. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

ISO 4545-2:2017, *Matériaux métalliques — Essai de dureté Knoop — Partie 2: Vérification et étalonnage des machines d'essai*

ISO 4545-3, *Matériaux métalliques — Essai de dureté Knoop — Partie 3: Étalonnage des blocs de référence*

3 Termes et définitions

Aucun terme n'est défini dans le présent document.

L'ISO et l'IEC tiennent à jour des bases de données terminologiques destinées à être utilisées en normalisation, consultables aux adresses suivantes:

- ISO Online browsing platform: disponible à l'adresse <https://www.iso.org/obp>
- IEC Electropedia: disponible à l'adresse <https://www.electropedia.org/>

4 Symboles et désignations

4.1 Symboles et désignations utilisés dans le présent document

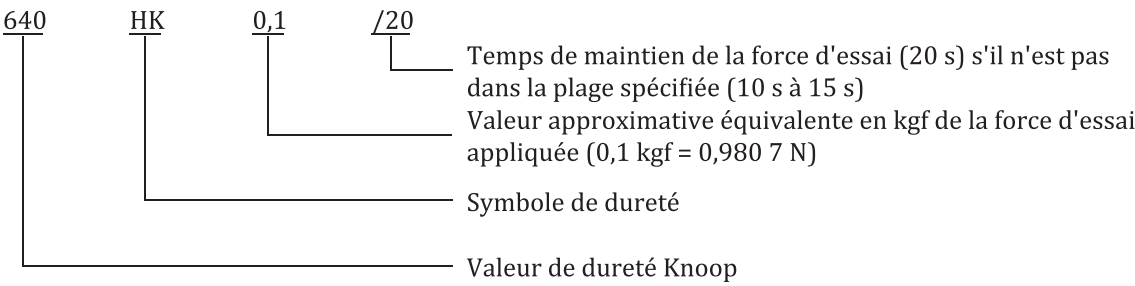
Voir [Tableau 1](#) et [Figures 1](#) et [2](#).

Tableau 1 — Symboles et désignation

Symbole	Désignation
F	Force d'essai, en newtons (N)
d	Longueur de la grande diagonale, en millimètres
d_s	Longueur de la petite diagonale, en millimètres
α	Angle entre les faces opposées de la grande diagonale au sommet du pénétrateur à pyramide en diamant (nominalement 172,5°) (voir Figure 1)
β	Angle entre les faces opposées de la petite diagonale au sommet de la pyramide en diamant (nominalement 130°) (voir Figure 1)
V	Grossissement du système de mesure
c	Constante du pénétrateur, reliant l'aire projetée de l'empreinte au carré de la longueur de la grande diagonale Constante du pénétrateur, $c = \frac{\tan \frac{\beta}{2}}{2 \tan \frac{\alpha}{2}}$, pour les angles nominaux α et β , c , est environ 0,070 28
HK	<div><div>Dureté Knoop</div><div>$= \frac{\text{Force d'essai (kgf)}}{\text{Aire projetée de l'empreinte (mm}^2\text{)}}$$= \frac{1}{g_n} \frac{\text{Force d'essai (N)}}{\text{Aire projetée de l'empreinte (mm}^2\text{)}}$$= \frac{1}{g_n} \times \frac{F}{cd^2}$</div><div>Pour la constante nominale du pénétrateur $c \approx 0,070\ 28$,</div><div>Dureté Knoop $\approx 1,451 \times \frac{F}{d^2}$</div></div>
Pour réduire l'incertitude, la dureté Knoop peut être calculée en utilisant les angles réels α et β du pénétrateur.	
NOTE L'accélération standard due à la pesanteur, $g_n = 9,806\ 65\ \text{m/s}^2$, est le facteur de conversion de kgf en N.	

4.2 Désignation de la valeur de dureté

La dureté Knoop, HK, est désignée comme indiqué dans l'exemple suivant.



5 Principe

Un pénétrateur en diamant ayant la forme d'une pyramide à base rhombique, d'angles entre faces opposées au sommet, α et β , respectivement égaux à 172,5° et 130°, est enfoncé dans la surface d'une

échantillon puis la grande diagonale, d , de l'empreinte laissée sur la surface après suppression de la force d'essai, F , est mesurée (voir [Figures 1](#) et [2](#)).

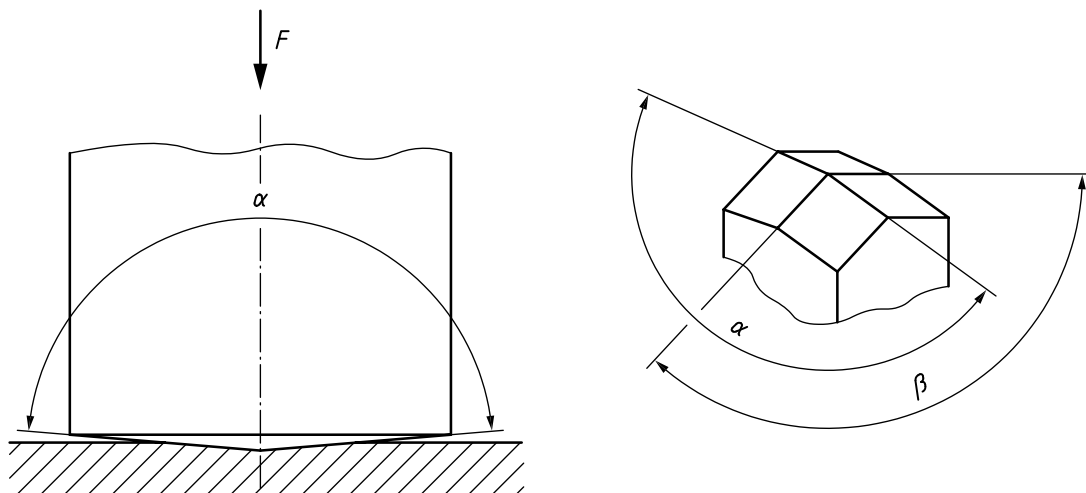


Figure 1 — Principe de l'essai et géométrie du pénétrateur

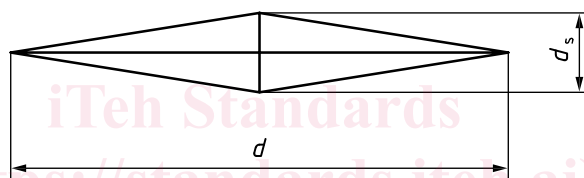


Figure 2 — Empreinte Knoop

La dureté Knoop est proportionnelle au quotient obtenu en divisant la force d'essai par l'aire projetée de l'empreinte, qui est supposée être une pyramide à base rhombique, et ayant au sommet les mêmes angles que le pénétrateur. <https://standards.iso/54463d90-7ba8-4940-9047-665c5b3bda64/iso-4545-1-2023>

NOTE Le cas échéant, le présent document d'essai a adopté les paramètres de l'essai de dureté définis par le groupe de travail sur la dureté (CCM-WGH) dans le cadre du mandat du travail du Comité International des Poids et Mesures (CIPM) et du Comité Consultatif pour la Masse et Quantités apparentées (CCM) (voir [Annexe D](#)).

6 Machine d'essai

6.1 Machine d'essai

La machine d'essai doit être capable d'appliquer une ou plusieurs forces prédéfinies comprises dans la plage des forces d'essai souhaitée, conformément à l'ISO 4545-2.

6.2 Pénétrateur

Le pénétrateur doit être constitué d'un diamant en forme de pyramide à base rhombique, comme spécifié dans l'ISO 4545-2.

6.3 Système de mesure de la diagonale

Le système de mesure de la diagonale doit satisfaire aux exigences de l'ISO 4545-2.

Il convient que des grossissements soient prévus de manière que la diagonale puisse être agrandie à plus de 25 % mais à moins de 75 % du champ optique de vision maximal possible. De nombreuses lentilles d'objectifs sont non linéaires vers le bord du champ de vision.

NOTE Un système de mesure de la diagonale utilisant une caméra pour le mesurage peut utiliser 100 % du champ de vision de la caméra à condition qu'il soit conçu pour tenir compte des limites du champ de vision du système optique.

La résolution requise du système de mesure de la diagonale dépend de la dimension de la plus petite empreinte à mesurer et doit être conforme au [Tableau 2](#). Pour déterminer la résolution du système de mesure, il convient de tenir compte de la résolution du système optique du microscope, de la résolution numérique de l'échelle de mesure et du pas de chaque mouvement du plateau, le cas échéant.

Tableau 2 — Résolution du système de mesure

Longueur de la diagonale d mm	Résolution du système de mesure
$0,020 \leq d < 0,080$	0,000 4 mm
$0,080 \leq d$	0,5 % de d

7 Éprouvette

7.1 Surface d'essai

L'essai doit être effectué sur une surface polie, lisse et plane, exempte de calamine et de matières étrangères et, en particulier, complètement exempte de lubrifiants, sauf spécification contraire des normes de produits. Le fini de surface doit permettre une détermination précise de la longueur de la diagonale de l'empreinte.

7.2 Préparation

La préparation de la surface doit être effectuée de manière à empêcher tout endommagement de la surface ou toute altération de la dureté de surface causés par un échauffement ou un écrouissage excessifs.

En raison de la faible profondeur des empreintes de dureté Knoop, il est essentiel que des précautions particulières soient prises lors de la préparation. Il est recommandé d'utiliser un procédé de polissage/électropolissage adapté au matériau à mesurer.

7.3 Épaisseur

L'épaisseur de l'éprouvette, ou de la couche soumise à essai, doit être au moins égale à 1/3 fois la longueur de la grande diagonale de l'empreinte. Après l'essai, aucune déformation ne doit être visible sur la face opposée de l'éprouvette.

NOTE La profondeur de l'empreinte est d'environ 1/30 de la longueur de la diagonale (0,033 d).

7.4 Support pour les pièces instables

Pour des éprouvettes de petite section transversale ou de forme irrégulière, il convient soit d'utiliser un support spécifique soit de le monter de manière similaire à une micro-section métallographique dans un matériau approprié, de manière qu'il soit correctement supporté et ne bouge pas pendant l'application de la force.

7.5 Revêtements métalliques et autres revêtements inorganiques

L'Annexe F spécifie des procédures et des exigences supplémentaires lors de la détermination de la dureté Knoop des revêtements métalliques et autres revêtements non organiques.

8 Mode opératoire

8.1 Température d'essai

En règle générale, l'essai est effectué à la température ambiante dans les limites comprises de 10 °C à 35 °C. Si l'essai est réalisé à une température non comprise dans cette plage, cela doit être consigné dans le rapport d'essai. Les essais effectués sous conditions contrôlées doivent être réalisés à une température de (23 ± 5) °C.

8.2 Force d'essai

Les forces d'essai indiquées dans le Tableau 3 sont typiques. D'autres forces d'essai peuvent être utilisées. Les forces d'essai doivent être choisies afin d'obtenir des empreintes avec une diagonale longue supérieure ou égale à 0,020 mm.

Tableau 3 — Forces d'essai typiques

Échelle de dureté	Valeur de la force d'essai, <i>F</i>	
	N	Équivalent approximatif en kgf ^a
HK 0,001	0,009 807	0,001
HK 0,002	0,019 61	0,002
HK 0,005	0,049 03	0,005
HK 0,01	0,098 07	0,010
HK 0,02	0,196 1	0,020
HK 0,025	0,245 2	0,025
HK 0,05	0,490 3	0,050
HK 0,1	0,980 7	0,100
HK 0,2	1,961	0,200
HK 0,3	2,942	0,300
HK 0,5	4,903	0,500
HK 1	9,807	1,000
HK 2	19,613	2,000

^a Ne correspond pas à une unité du Système International.

8.3 Vérification périodique

La vérification périodique définie à l'Annexe A doit être effectuée dans la semaine précédant l'utilisation pour chaque force d'essai utilisée, mais il est recommandé de le faire le jour même de l'utilisation. La vérification périodique est recommandée chaque fois que la force d'essai est modifiée. La vérification périodique doit être effectuée à chaque changement du pénétrateur.

8.4 Support de l'éprouvette

L'éprouvette doit être placée sur un support rigide. Les surfaces d'appui doivent être propres et exemptes de matières étrangères (calamine, huile, saleté, etc.). Il est important que l'éprouvette soit maintenue fermement sur le support de façon qu'aucun déplacement susceptible de modifier les résultats de l'essai ne puisse se produire pendant l'essai.

8.5 Mise au point sur la surface d'essai

Le système de mesure de la diagonale du microscope doit être mis au point de sorte que la surface de l'échantillon et l'emplacement d'essai désirés puissent être observés.

NOTE Certaines machines d'essai ne nécessitent pas la mise au point du microscope sur la surface de l'échantillon.

8.6 Application de la force d'essai

Le pénétrateur doit être amené au contact de la surface d'essai et la force d'essai doit être appliquée dans une direction perpendiculaire à la surface, sans choc, vibration ou surcharge, jusqu'à ce que la force appliquée atteigne la valeur spécifiée. Le temps depuis l'application initiale de la force jusqu'à ce que la force totale d'essai soit atteinte doit être de 7^{+1}_{-5} s.

NOTE 1 Les exigences concernant les temps de maintien sont données avec des limites asymétriques. Par exemple, 7^{+1}_{-5} s indique que la durée nominale est de 7 s, avec une plage acceptable supérieure ou égale à 2 s (calculé comme 7 s – 5 s) et inférieure ou égale à 8 s (calculé comme 7 s + 1 s).

Le pénétrateur doit entrer en contact avec l'éprouvette à une vitesse de $\leq 0,070$ mm/s.

La durée de la force d'essai doit être de 14^{+1}_{-4} s, à l'exception des essais sur des matériaux dont les propriétés dépendantes du temps rendraient cette fourchette inadéquate. Pour ces essais, cette durée doit être spécifié dans le cadre de la désignation de la dureté (voir 4.2).

NOTE 2 Il existe des preuves que certains matériaux sont sensibles à la vitesse de déformation qui provoque des variations de la valeur de la limite d'élasticité. L'effet correspondant sur la fin de la formation d'une empreinte peut modifier la valeur de la dureté.

8.7 Prévention de l'effet de choc ou de vibration

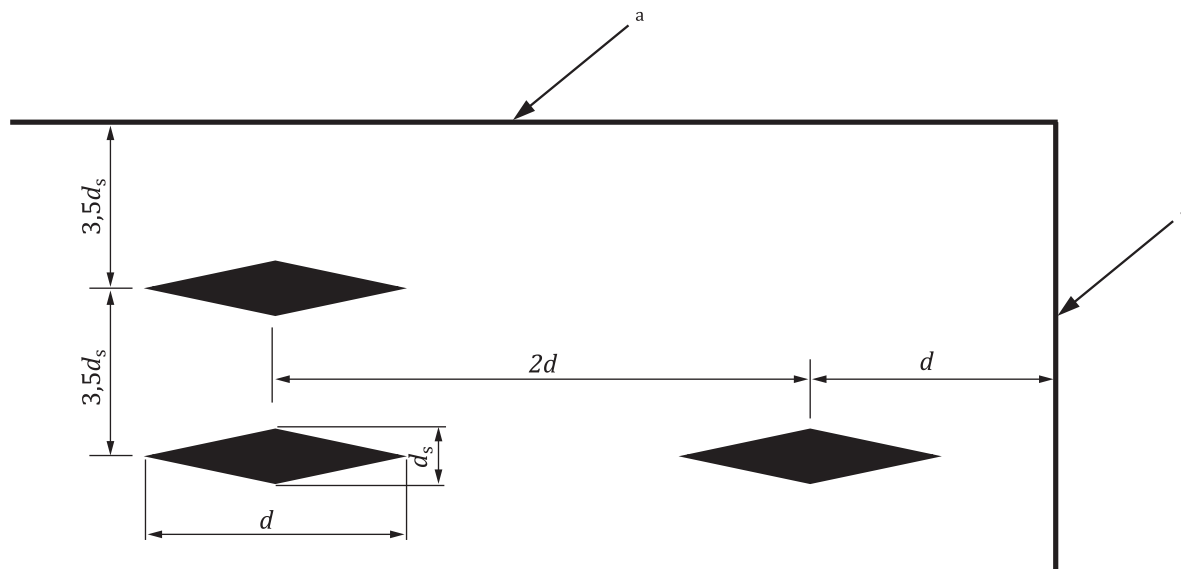
Tout au long de l'essai, la machine d'essai doit être protégée contre les chocs ou les vibrations.^[9]

8.8 Distance minimale entre deux empreintes adjacentes

La distance minimale entre deux empreintes adjacentes et la distance minimale entre une empreinte et le bord de l'éprouvette sont montrées à la [Figure 3](#).

La distance minimale entre le bord de l'éprouvette et le centre d'une empreinte placée parallèlement au bord de l'éprouvette doit être au moins égale à 3,5 fois la longueur de la petite diagonale de l'empreinte. La distance minimale entre le bord de l'éprouvette et le centre d'une empreinte placée perpendiculairement au bord de l'éprouvette doit être au moins égale à la longueur de la grande diagonale de l'empreinte.

La distance minimale entre les centres de deux empreintes adjacentes, placées côte à côte, doit être au moins égale à 3,5 fois la longueur de la petite diagonale. Pour les empreintes placées extrémité contre extrémité, la distance minimale entre les centres de deux empreintes adjacentes doit être au moins égale à deux fois la longueur de la grande diagonale. Si deux empreintes diffèrent par leurs dimensions, l'espacement minimal doit être basé sur la diagonale de l'empreinte la plus grande.



^a Bord de l'éprouvette.

Figure 3 — Distance minimale pour les empreintes Knoop

8.9 Mesurage de la longueur de la diagonale

La longueur de la grande diagonale doit être mesurée et utilisée pour le calcul de la dureté Knoop. Pour tous les essais, le périmètre de l'empreinte doit être clairement défini dans le champ de vision du microscope.

Il convient que des grossissements soient sélectionnés de manière que la diagonale puisse être agrandie à plus de 25 % mais à moins de 75 % du champ de vision optique maximal possible (voir 6.3).

NOTE 1 En général, diminuer la force d'essai augmente la dispersion des résultats des mesures. Il est peu probable que l'exactitude de la détermination de la longueur de la grande diagonale soit supérieure à $\pm 0,001$ mm.

NOTE 2 Une technique utile pour régler les systèmes optiques dotés d'un éclairage Kohler figure à l'Annexe E.

Si la forme de l'empreinte n'est pas symétrique, diviser la grande diagonale en deux segments au point d'intersection avec la petite diagonale et mesurer la longueur de chaque segment. Si la différence entre les deux segments est supérieure à 5 % de la longueur de la grande diagonale, vérifier le parallélisme entre le plan d'appui et le plan de mesure de l'éprouvette et éventuellement l'alignement du pénétrateur par rapport à l'éprouvette. Il convient d'écarter les résultats d'essai dont l'écart est supérieur à 5 %.

Le présent document n'est pas applicable aux empreintes dont la longueur de la diagonale est $\leq 0,020$ mm. Les mesures de dureté nécessitant des dimensions d'empreintes plus petites peuvent être effectuées conformément aux ISO 14577-1, ISO 14577-2 et ISO 14577-3.

8.10 Calcul de la valeur de dureté

Calculer la valeur de dureté Knoop à l'aide de la formule donnée dans le Tableau 1. La valeur de dureté Knoop peut également être déterminée en utilisant les tableaux de calcul donnés dans l'ISO 4545-4.

9 Incertitude des résultats

Il convient de procéder à une évaluation complète de l'incertitude conformément au JCGM 100: 2008.^[8]