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

**Partie 2:
Vérification et étalonnage des
machines d'essai**

iTeh STANDARD PREVIEW
*Metallic materials — Knoop hardness test —
Part 2: Verification and calibration of testing machines*
(standards.iteh.ai)

[ISO 4545-2:2017](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/f844f59f-4c52-451d-91f6-f6f8fcc92cfd/iso-4545-2-2017)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/f844f59f-4c52-451d-91f6-f6f8fcc92cfd/iso-4545-2-2017>



iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

[ISO 4545-2:2017](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/f844f59f-4c52-451d-91f6-f6f8fcc92cfd/iso-4545-2-2017)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/f844f59f-4c52-451d-91f6-f6f8fcc92cfd/iso-4545-2-2017>



DOCUMENT PROTÉGÉ PAR COPYRIGHT

© ISO 2017, Publié en Suisse

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
Ch. de Blandonnet 8 • CP 401
CH-1214 Vernier, Geneva, Switzerland
Tel. +41 22 749 01 11
Fax +41 22 749 09 47
copyright@iso.org
www.iso.org

Sommaire

Page

Avant-propos	iv
1 Domaine d'application	1
2 Références normatives	1
3 Termes et définitions	1
4 Conditions générales	1
5 Vérification directe	2
5.1 Généralités.....	2
5.2 Étalonnage de la force d'essai.....	2
5.3 Vérification du pénétrateur.....	3
5.4 Étalonnage et vérification du système de mesure de la diagonale.....	4
5.5 Vérification du cycle d'essai.....	5
5.6 Incertitude d'étalonnage/de vérification.....	5
6 Vérification indirecte	5
6.1 Généralités.....	5
6.2 Force d'essai et niveaux de dureté.....	5
6.3 Mesurage des empreintes de référence.....	6
6.4 Nombre d'empreintes.....	6
6.5 Résultat de la vérification.....	6
6.6 Répétabilité.....	6
6.7 Biais.....	7
6.8 Incertitude d'étalonnage/de vérification.....	7
7 Intervalles entre vérifications	7
8 Rapport de vérification/certificat d'étalonnage	8
8.1 Machine d'essai Knoop.....	8
8.2 Pénétrateur Knoop.....	8
Annexe A (informative) Incertitude des résultats d'étalonnage de la machine d'essai de dureté	9
Bibliographie	18

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'attention est attirée 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 dans la liste des déclarations de brevets reçues par l'ISO (voir www.iso.org/brevets).

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 le lien suivant: 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*.

Cette deuxième édition annule et remplace la première édition (ISO 4545-2:2005), qui a fait l'objet d'une révision technique.

Les principaux changements par rapport à l'édition précédente sont les suivants:

- suppression de la totalité des références aux diagonales d'empreinte < 0,020 mm;
- révision des exigences relatives à l'étalonnage et la vérification du système de mesure;
- révision des exigences concernant l'erreur maximale admissible pour la mesure d'une empreinte de référence;
- déplacement des recommandations concernant l'inspection et la surveillance du pénétrateur vers l'ISO 4545-1;
- révision de l'[Annexe A](#).

Une liste de toutes les parties de la série ISO 4545 est disponible sur le site Internet de l'ISO.

Matériaux métalliques — Essai de dureté Knoop —

Partie 2:

Vérification et étalonnage des machines d'essai

1 Domaine d'application

Le présent document spécifie une méthode de vérification et d'étalonnage des machines d'essai utilisées pour la détermination de la dureté Knoop pour les matériaux métalliques conformément à l'ISO 4545-1.

Une méthode directe de vérification et d'étalonnage est spécifiée pour la machine d'essais, le pénétrateur et le système de mesure de la longueur de la diagonale. Une méthode de vérification indirecte à l'aide de blocs de référence est spécifiée pour la vérification globale de la machine.

Si une machine d'essai est également utilisée pour d'autres méthodes d'essai de dureté, elle doit être vérifiée indépendamment pour chaque méthode.

2 Références normatives

Les documents suivants cités dans le texte 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 376:2011, *Matériaux métalliques — Étalonnage des instruments de mesure de force utilisés pour la vérification des machines d'essais uniaxiaux*

ISO 4545-1, *Matériaux métalliques — Essai de dureté Knoop — Partie 1: méthode d'essai*

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

3 Termes et définitions

Aucun terme ni aucune définition ne figurent 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:

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

4 Conditions générales

Avant de vérifier une machine d'essai de dureté Knoop, elle doit être examinée afin de s'assurer qu'elle est correctement installée conformément aux instructions du fabricant.

Il convient en particulier de vérifier:

- a) que le porte-pénétrateur maintenant le pénétrateur est capable de se déplacer librement, sans frottement ni jeu latéral excessif;
- b) que le pénétrateur est solidement fixé sur le porte-pénétrateur;

- c) que la force d'essai peut être appliquée et supprimée sans secousse, ni vibration ou surcharge, et de telle façon que les lectures n'en soient pas influencées; et
- d) le système de mesure de la diagonale
 - s'il est intégré à la machine, le passage du mode d'application et de suppression de la force d'essai au mode de mesure de la diagonale est sans influence sur les lectures;
 - le système d'éclairage du microscope de mesure produit un éclairage uniforme de tout le champ observé avec un contraste suffisant entre l'empreinte et la surface environnante pour déterminer clairement la limite; et
 - le centre de l'empreinte est proche du centre du champ de vision, si nécessaire.

NOTE Les critères définis dans le présent document pour les performances de la machine d'essai ont été élaborés et affinés sur une longue période. Lors de la détermination d'une tolérance spécifique qu'il est nécessaire que la machine atteigne, cette tolérance intègre l'incertitude liée à l'utilisation du matériel de mesure et/ou les normes de référence; il ne serait donc pas opportun de tenir compte de cette incertitude en incluant une marge supplémentaire, par exemple, en réduisant la tolérance par l'incertitude du mesurage. Cela s'applique à tous les mesurages effectués lors de la réalisation de la vérification directe ou indirecte de la machine.

5 Vérification directe

5.1 Généralités

5.1.1 Une vérification directe doit être réalisée conformément au calendrier figurant dans [l'Article 7](#).

5.1.2 La vérification directe inclut:

- a) l'étalonnage de la force d'essai;
- b) la vérification du pénétrateur;
- c) l'étalonnage et la vérification du système de mesure de la diagonale; et
- d) la vérification du cycle d'essai.

5.1.3 Il convient que la vérification directe soit effectuée à une température de (23 ± 5) °C. Si la vérification est faite en dehors de cet intervalle de température, cela doit être consigné dans le rapport de vérification.

5.1.4 Les instruments utilisés pour la vérification et l'étalonnage doivent pouvoir être tracés jusqu'à des étalons nationaux.

5.2 Étalonnage de la force d'essai

5.2.1 Chaque force d'essai utilisée dans la plage des forces de la machine d'essai doit être mesurée. Chaque fois que le pénétrateur affecte la force appliquée, ceci doit être effectué en au moins trois positions du porte-pénétrateur, réparties uniformément sur toute l'étendue de sa course pendant l'essai.

Pour les machines d'essai dont la force d'essai ne semble pas influencée par la position du porte-pénétrateur, par exemple avec un système de chargement contrôlé en boucle fermée, la force d'essai peut être étalonnée dans une position.

5.2.2 La force d'essai doit être mesurée par l'une des deux méthodes suivantes:

- au moyen d'un instrument élastique de mesure de force, de classe 1 ou mieux, selon l'ISO 376:2011;

- en l'équilibrant par une force, exacte à $\pm 0,2$ %, appliquée par l'intermédiaire de masses étalonnées ou par une autre méthode ayant la même exactitude.

Il convient que des données soient disponibles pour démontrer que les mesures du dispositif de mesure de force ne varient pas de plus de 0,2 % pendant l'intervalle de temps allant de 1 s à 30 s après à une variation par paliers de la force.

5.2.3 Trois lectures doivent être prises pour chaque force d'essai, F , pour chaque position du porte-pénétrateur. Immédiatement avant chaque lecture, le pénétrateur doit avoir été déplacé dans la même direction qu'au cours de l'essai. Toutes les lectures doivent se situer dans les tolérances de la plage d'erreur relative admissible en %, ΔF_{rel} , définies dans le [Tableau 1](#).

Le pourcentage d'erreur relative, ΔF_{rel} , de chaque mesurage de la force, F , est calculé selon la [Formule \(1\)](#):

$$\Delta F_{\text{rel}} = 100 \times \frac{F - F_{\text{RS}}}{F_{\text{RS}}} \quad (1)$$

où

F est la force d'essai mesurée;

F_{RS} est la force d'essai nominale.

Tableau 1 — Tolérances sur les forces d'essai

Plage de force d'essai nominale, F_{RS} N	Erreur relative maximale admissible, ΔF_{rel} %F
$0,009\ 807 \leq F_{\text{RS}} < 0,098\ 07$	$\pm 2,0$
$0,098\ 07 \leq F_{\text{RS}} < 1,961$	$\pm 1,5$
$1,961 \leq F_{\text{RS}} \leq 19,613$	$\pm 1,0$

5.3 Vérification du pénétrateur

5.3.1 Les quatre faces de la pyramide en diamant doivent être polies et exemptes de défauts de surface.

5.3.2 La vérification de la forme du pénétrateur peut être effectuée par mesurage direct ou par mesurage optique. L'incertitude élargie maximale du dispositif utilisé pour la vérification doit être de 0,07°.

5.3.3 L'angle α mesuré entre deux côtés opposés au sommet de la pyramide en diamant doit être compris dans la plage $(172,5 \pm 0,1)^\circ$ (voir [Figure 1](#)).

5.3.4 L'angle β mesuré entre deux côtés opposés au sommet de la pyramide en diamant doit être égal compris dans la plage $(130 \pm 1,0)^\circ$ (voir [Figure 1](#)).

5.3.5 La constante c du pénétrateur (voir l'ISO 4545-1:2018, Tableau 1) doit être égale à la valeur idéale 0,070 28 à 1,0 % près ($0,069\ 58 \leq c \leq 0,070\ 98$).

NOTE Pour respecter les tolérances de la constante c du pénétrateur, les valeurs de l'angle α et/ou de l'angle β peuvent nécessiter d'être maintenues dans des tolérances plus serrées que celles données ci-avant.

5.3.6 L'angle entre l'axe de la pyramide en diamant et l'axe du porte-pénétrateur (perpendiculairement à la face d'appui) doit se situer dans l'intervalle $\pm 0,5^\circ$.

5.3.7 Il convient idéalement que les quatre faces se rejoignent en un point commun; il existe généralement une arrête commune entre faces opposées, comme indiqué à la [Figure 2](#). La longueur de

l'arête commune doit être déterminée en mesurant directement la pointe du pénétrateur ou en mesurant l'impression de la pointe dans une empreinte. La longueur maximale admissible de l'arête commune à deux faces opposées doit être inférieure à 0,001 mm.

5.3.8 Un certificat d'étalonnage valable doit être disponible et confirmer les écarts géométriques du pénétrateur (voir 8.2).

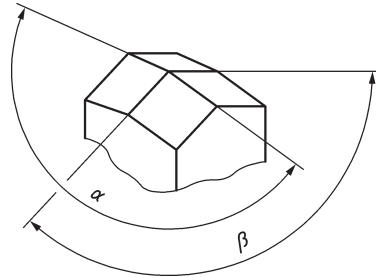


Figure 1 — Géométrie du pénétrateur

Dimensions en micromètres

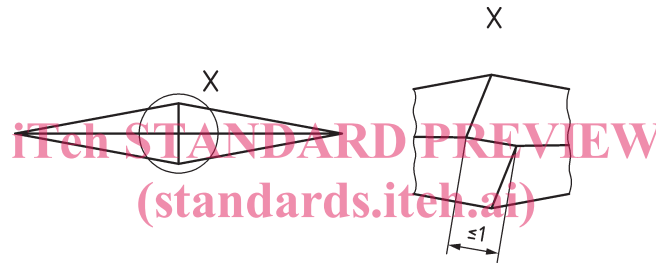


Figure 2 — Arête commune au sommet du pénétrateur (schématique)

5.4 Étalonnage et vérification du système de mesure de la diagonale

5.4.1 Le système de mesure de la longue diagonale de l'empreinte doit être vérifié pour chaque grandissement utilisé et pour chaque échelle de graduation intégrée utilisée. Lorsqu'une échelle individuelle est utilisée sur deux axes perpendiculaires, celle-ci doit être étalonnée dans les deux directions. Les mesurages doivent être effectués à l'aide d'un micromètre étalonné. L'incertitude maximale élargie relative à la distance entre les intervalles séparant les graduations de l'échelle du micromètre doit être comme indiqué dans le Tableau 2.

5.4.2 Les mesurages doivent être effectués en un minimum de quatre intervalles régulièrement espacés, disposés de façon centrale dans le champ de vision et couvrant chaque plage de travail. Trois mesurages doivent être effectués pour chacun des intervalles régulièrement espacés. L'erreur maximale

admissible de chacun des trois mesurages pour chaque intervalle doit être comme indiqué dans le [Tableau 2](#).

Tableau 2 — Exigences concernant l'étalonnage et la vérification du système de mesure

Paramètres de mesurage	Exigences concernant l'étalonnage et la vérification
Incertitude maximale élargie relative à la distance entre les intervalles séparant les graduations de l'échelle du micromètre (voir 5.4.1)	Supérieure à 0,000 4 mm ou 0,2 %
Erreur maximale admissible des mesurages des intervalles de l'échelle du micromètre (voir 5.4.2)	Supérieure à 0,000 8 mm ou 1,0 % de la longueur mesurée

5.5 Vérification du cycle d'essai

Le cycle d'essai doit être chronométré avec un équipement dont l'incertitude élargie maximale est égale à 1 s. Les durées obtenues doivent être comprises dans les limites définies pour le cycle d'essai de l'ISO 4545-1.

5.6 Incertitude d'étalonnage/de vérification

L'incertitude des résultats de la vérification directe doit être déterminée. Un exemple est donné dans l'[Annexe A](#).

iTeh STANDARD PREVIEW

6 Vérification indirecte (standards.iteh.ai)

6.1 Généralités

ISO 4545-2:2017

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/f844f59f-4c52-451d-91f6-f68fcc92cfd/iso-4545-2-2017>

6.1.1 Une vérification indirecte doit être réalisée conformément au calendrier figurant dans [l'Article 7](#).

6.1.2 Une vérification indirecte implique la vérification des performances globales de la machine d'essai au moyen de blocs de référence étalonnés conformément à l'ISO 4545-3.

6.1.3 Il convient que la vérification indirecte soit effectuée à une température de (23 ± 5) °C. Si la vérification est faite en dehors de cet intervalle de température, cela doit être consigné dans le rapport de vérification.

6.1.4 Les instruments utilisés pour la vérification et l'étalonnage doivent pouvoir être tracés jusqu'à des étalons nationaux.

6.2 Force d'essai et niveaux de dureté

La machine d'essai doit être vérifiée au moyen de blocs d'essai de référence étalonnés conformément à ISO 4545-3. Les blocs doivent être étalonnés en utilisant les mêmes forces d'essai que celles utilisées par la machine lors des futurs essais. Si plus d'une force d'essai doit être vérifiée, au moins deux blocs de référence doivent être sélectionnés parmi les gammes de dureté spécifiées ci-dessous pour chaque force d'essai à laquelle la machine doit être vérifiée. L'ensemble des blocs nécessaires pour vérifier la machine à toutes les forces d'essai doit être choisi de façon qu'au moins un bloc de référence de chaque gamme de dureté soit utilisé pour les vérifications. Lors de la vérification des machines d'essai utilisées pour une seule force d'essai, trois blocs de référence doivent être utilisés, un pour chacune des trois gammes de dureté spécifiées ci-dessous. Il convient que les gammes de dureté soient choisies, si possible, de façon à répliquer les niveaux de dureté communément soumis à essai pour les forces d'essai spécifiques:

— < 250 HK;

- de 250 HK à 650 HK;
- > 650 HK.

6.3 Mesurage des empreintes de référence

Une des empreintes de référence de la période d'étalonnage actuelle sur chaque bloc de référence doit être mesurée. Pour chaque empreinte, la différence entre la valeur mesurée et la longueur de la diagonale certifiée ne doit pas dépasser 0,001 mm ou 1,25 % de la longueur de l'empreinte de référence, la valeur la plus élevée étant retenue. Si cela est préférable, ce contrôle peut être effectué sur une empreinte de taille similaire dans un bloc de référence séparé de dureté similaire.

6.4 Nombre d'empreintes

Sur chaque bloc de référence, cinq empreintes doivent être réalisées et mesurées. Les essais doivent être effectués conformément à l'ISO 4545-1. Seule la surface étalonnée des blocs d'essai doit être utilisée pour les essais.

6.5 Résultat de la vérification

Pour chaque bloc de référence, soient H_1, H_2, H_3, H_4, H_5 les duretés mesurées ordonnées par ordre croissant correspondant aux diagonales mesurées d_1, d_2, d_3, d_4, d_5 classées par ordre décroissant. La valeur de dureté moyenne, \bar{H} , est calculée selon la [Formule \(2\)](#), et la longueur moyenne de la diagonale, \bar{d} , est calculée selon la [Formule \(3\)](#):

$$\bar{H} = \frac{H_1 + H_2 + H_3 + H_4 + H_5}{5} \tag{2}$$

$$\bar{d} = \frac{d_1 + d_2 + d_3 + d_4 + d_5}{5} \tag{3}$$

6.6 Répétabilité

La répétabilité relative de la machine d'essai, r_{rel} , exprimée en pourcentage de \bar{H} , est calculée selon la [Formule \(4\)](#):

$$r_{rel} = 100 \times \frac{H_5 - H_1}{\bar{H}} \tag{4}$$

La répétabilité de la machine d'essai est satisfaisante si $(d_1 - d_5) \leq 0,001$ mm. Si $(d_1 - d_5) > 0,001$ mm, la machine d'essai est satisfaisante si r_{rel} est inférieure ou égale au pourcentage indiqué dans le [Tableau 3](#).

Tableau 3 — Répétabilité relative maximale admissible

Dureté Knoop du bloc de référence	Répétabilité HK relative maximale admissible de la machine d'essai, r_{rel} %HK	
	de HK 0,5 à HK 2	de HK 0,001 à < HK 0,5
100 ≤ HK ≤ 250	16,0	18,0
250 < HK ≤ 650	10,0	10,0
HK > 650	8,0	8,0

NOTE Les matériaux à faible dureté ont souvent des valeurs de répétabilité supérieures à celles des matériaux de dureté élevée.

6.7 Biais

Le biais, b , de la machine d'essai dans les conditions de vérification particulières est calculé selon la [Formule \(5\)](#):

$$b = \bar{H} - H_{\text{CRM}} \quad (5)$$

où H_{CRM} est la dureté certifiée du bloc de référence utilisé.

Le pourcentage de biais, b_{rel} , est calculé selon la [Formule \(6\)](#):

$$b_{\text{rel}} = 100 \times \frac{\bar{H} - H_{\text{CRM}}}{H_{\text{CRM}}} \quad (6)$$

Le biais maximal positif ou négatif de la machine d'essai, exprimé en pourcentage de la dureté spécifiée du bloc de référence, ne doit pas excéder les valeurs données dans le [Tableau 4](#).

Tableau 4 — Pourcentage de biais HK maximal admissible

Longueur moyenne de la diagonale \bar{d} mm	Pourcentage de biais HK maximal admissible, b_{rel} , de la machine d'essai, \pm % HK
$0,02 \leq \bar{d} < 0,06$	$0,24/\bar{d}$
$0,06 \leq \bar{d}$	4

6.8 Incertitude d'étalonnage/de vérification

L'incertitude des résultats de l'étalonnage doit être déterminée. Un exemple est donné dans l'[Annexe A](#).

7 Intervalles entre vérifications

Les vérifications directes doivent être réalisées conformément au calendrier indiqué dans le [Tableau 5](#). Il est recommandé de procéder à des vérifications directes tous les 12 mois.

Une vérification indirecte doit être effectuée au moins une fois tous les 12 mois et après réalisation d'une vérification directe.

Tableau 5 — Vérifications directes des machines d'essai de dureté

Exigences de vérification	Force	Système de mesure de la diagonale	Cycle d'essai	Pénétrateur ^a
Avant l'installation préalable à la première utilisation	x	x	x	x
Après démontage et réassemblage, si la force, le système de mesure de la diagonale ou le cycle d'essai sont affectés	x	x	x	—
Non-conformité de la vérification indirecte ^b	x	x	x	—
Vérification indirecte réalisée plus de 13 mois auparavant	x	x	x	—

^a En outre, il est recommandé que le pénétrateur soit vérifié directement après deux ans d'utilisation.

^b La vérification directe de ces paramètres peut être réalisée de façon séquentielle (jusqu'à ce que la machine réussisse la vérification indirecte) et n'est pas exigée s'il peut être démontré (par exemple par des essais avec un pénétrateur de référence) que le pénétrateur était la cause de la non-conformité.