
**Matériaux métalliques — Essai de
pénétration instrumenté pour la
détermination de la dureté et de paramètres
des matériaux —**

Partie 2:

**Vérification et étalonnage des machines
d'essai**

*Metallic materials — Instrumented indentation test for hardness and
materials parameters —
Part 2: Verification and calibration of testing machines*

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/899dba1f-ee89-4f5a-b1b0->



PDF – Exonération de responsabilité

Le présent fichier PDF peut contenir des polices de caractères intégrées. Conformément aux conditions de licence d'Adobe, ce fichier peut être imprimé ou visualisé, mais ne doit pas être modifié à moins que l'ordinateur employé à cet effet ne bénéficie d'une licence autorisant l'utilisation de ces polices et que celles-ci y soient installées. Lors du téléchargement de ce fichier, les parties concernées acceptent de fait la responsabilité de ne pas enfreindre les conditions de licence d'Adobe. Le Secrétariat central de l'ISO décline toute responsabilité en la matière.

Adobe est une marque déposée d'Adobe Systems Incorporated.

Les détails relatifs aux produits logiciels utilisés pour la création du présent fichier PDF sont disponibles dans la rubrique General Info du fichier; les paramètres de création PDF ont été optimisés pour l'impression. Toutes les mesures ont été prises pour garantir l'exploitation de ce fichier par les comités membres de l'ISO. Dans le cas peu probable où surviendrait un problème d'utilisation, veuillez en informer le Secrétariat central à l'adresse donnée ci-dessous.

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

[ISO 14577-2:2002](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/899dba1f-ee89-4f5a-b1b0-3bc40aefb56e/iso-14577-2-2002)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/899dba1f-ee89-4f5a-b1b0-3bc40aefb56e/iso-14577-2-2002>

© ISO 2002

Droits de reproduction réservés. Sauf prescription différente, 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 et les microfilms, sans l'accord écrit de l'ISO à l'adresse ci-après ou du 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.ch
Web www.iso.ch

Imprimé en Suisse

Sommaire

Page

Avant-propos	iv
Introduction.....	v
1 Domaine d'application	1
2 Références normatives	1
3 Conditions générales	2
4 Vérification directe et étalonnage	2
5 Vérification indirecte	11
6 Intervalles entre les vérifications	13
7 Rapport de vérification/certificat d'étalonnage	14
Annexe A (informative) Exemple de porte-pénétrateur	15
Annexe B (normative) Modes opératoires pour la détermination de la fonction d'aire du pénétrateur	16
Annexe C (informative) Exemples pour la vérification directe du système de mesure du déplacement	18
Annexe D (informative) Exemples pour la documentation des résultats de la vérification indirecte	19
Bibliographie	22

[ISO 14577-2:2002](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/899dba1f-ee89-4f5a-b1b0-3bc40aefb56e/iso-14577-2-2002)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/899dba1f-ee89-4f5a-b1b0-3bc40aefb56e/iso-14577-2-2002>

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 Normes internationales sont rédigées conformément aux règles données dans les Directives ISO/CEI, Partie 3.

La tâche principale des comités techniques est d'élaborer les Normes internationales. 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.

L'attention est appelée sur le fait que certains des éléments de la présente partie de l'ISO 14577 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.

L'ISO 14577-2 a été élaborée par le comité technique ISO/TC 164, *Essais mécaniques des métaux*, sous-comité SC 3, *Essais de dureté*.

L'ISO 14577 comprend les parties suivantes, présentées sous le titre général *Matériaux métalliques — Essai de pénétration instrumenté pour la détermination de la dureté et de paramètres des matériaux*:

- *Partie 1: Méthode d'essai*
- *Partie 2: Vérification et étalonnage des machines d'essai*
- *Partie 3: Étalonnage des blocs de référence*

L'annexe B constitue un élément normatif de la présente partie de l'ISO 14577. Les annexes A, C et D sont données uniquement à titre d'information.

Introduction

La dureté a été typiquement définie comme la résistance d'un matériau à la pénétration rémanente par un autre matériau plus dur. Les résultats obtenus lors d'essais Rockwell, Vickers et Brinell sont déterminés après enlèvement de la force d'essai. En conséquence, l'effet de la déformation élastique sous le pénétrateur a été ignoré.

L'ISO 14577 a été préparée pour permettre à l'utilisateur d'évaluer la pénétration des matériaux en prenant en compte la force et le déplacement pendant les déformations plastique et élastique. En suivant le cycle complet d'accroissement et de suppression de la force d'essai, on peut déterminer des valeurs de dureté équivalentes aux valeurs traditionnelles de dureté. Plus important encore, on peut aussi déterminer des caractéristiques complémentaires du matériau telles que son module de pénétration et sa dureté élastoplastique. Toutes ces valeurs peuvent être calculées sans qu'il y ait à mesurer l'empreinte par des moyens optiques.

L'ISO 14577 a été rédigée pour permettre une grande diversité d'analyses des données après essai.

iTeh STANDARD PREVIEW (standards.iteh.ai)

[ISO 14577-2:2002](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/899dba1f-ee89-4f5a-b1b0-3bc40aefb56e/iso-14577-2-2002)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/899dba1f-ee89-4f5a-b1b0-3bc40aefb56e/iso-14577-2-2002>

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO 14577-2:2002

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/899dba1f-ee89-4f5a-b1b0-3bc40aefb56e/iso-14577-2-2002>

Matériaux métalliques — Essai de pénétration instrumenté pour la détermination de la dureté et de paramètres des matériaux —

Partie 2: Vérification et étalonnage des machines d'essai

1 Domaine d'application

La présente partie de l'ISO 14577 spécifie la méthode de vérification et d'étalonnage des machines d'essai destinées à la réalisation de l'essai de pénétration instrumenté conformément à l'ISO 14577-1.

Elle décrit une méthode de vérification directe des fonctions principales de la machine d'essai et une méthode de vérification indirecte appropriée pour la détermination de la répétabilité de la machine d'essai. La méthode indirecte est à utiliser en sus de la méthode directe et pour le contrôle de routine périodique de la machine d'essai en service.

La méthode indirecte de vérification de la machine d'essai est à réaliser de façon indépendante pour chaque méthode d'essai.

La présente partie de l'ISO 14577 est également applicable aux machines d'essai transportables.

[ISO 14577-2:2002](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/899dba1f-ee89-4f5a-b1b0-3bc40aefb56e/iso-14577-2-2002)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/899dba1f-ee89-4f5a-b1b0-3bc40aefb56e/iso-14577-2-2002>

2 Références normatives

Les documents normatifs suivants contiennent des dispositions qui, par suite de la référence qui y est faite, constituent des dispositions valables pour la présente partie de l'ISO 14577. Pour les références datées, les amendements ultérieurs ou les révisions de ces publications ne s'appliquent pas. Toutefois, les parties prenantes aux accords fondés sur la présente partie de l'ISO 14577 sont invitées à rechercher la possibilité d'appliquer les éditions les plus récentes des documents normatifs indiqués ci-après. Pour les références non datées, la dernière édition du document normatif en référence s'applique. Les membres de l'ISO et de la CEI possèdent le registre des Normes internationales en vigueur.

ISO 376:1999, *Matériaux métalliques — Étalonnage des instruments de mesure de force utilisés pour la vérification des machines d'essais uniaxiaux*

ISO 3878, *Métaux durs — Essai de dureté Vickers*

ISO 6508-2, *Matériaux métalliques — Essai de dureté Rockwell — Partie 2: Vérification et étalonnage des machines d'essai (échelles A, B, C, D, E, F, G, H, K, N, T)*

ISO 14577-1:2002, *Matériaux métalliques — Essai de pénétration instrumenté pour la détermination de la dureté et de paramètres des matériaux — Partie 1: Méthode d'essai*

ISO 14577-3, *Matériaux métalliques — Essai de pénétration instrumenté pour la détermination de la dureté et de paramètres des matériaux — Partie 3: Étalonnage des blocs de référence*

*Guide pour l'expression de l'incertitude de mesure (GUM)*¹⁾

1) Publié en 1993; corrigé et réimprimé en 1995.

3 Conditions générales

3.1 Préparation

La machine doit être conçue de manière à ce qu'elle puisse être vérifiée.

Avant vérification et étalonnage de la machine d'essai, elle doit être contrôlée pour s'assurer des conditions données en 3.2 à 3.4.

3.2 Installation fonctionnelle

La machine d'essai doit être configurée pour fonctionner conformément aux exigences de la présente partie de l'ISO 14577 et de l'ISO 14577-1 et, le cas échéant, de l'ISO 14577-3. La machine d'essai doit être installée dans un environnement qui satisfait ces exigences. La machine d'essai doit être protégée des vibrations. Pour les essais dans les micro- et nano-plages, la machine d'essai doit également être protégée des courants d'air et des fluctuations de température. Il convient de contrôler cette influence par des mesurages répétés de la courbe force/profondeur de pénétration.

3.3 Pénétrateur

Afin d'obtenir des mesurages répétitifs de la série de données force/profondeur de pénétration, le porte-pénétrateur doit être solidement fixé à la machine d'essai.

Il convient de concevoir le porte-pénétrateur de manière que la contribution à la complaisance globale soit minimisée (voir annexe A).

iTeh STANDARD PREVIEW

3.4 Application de la force d'essai (standards.iteh.ai)

La force d'essai doit être appliquée et supprimée sans choc ou vibration qui pourrait influencer d'une manière significative les résultats d'essai. Il doit être possible de vérifier le processus d'accroissement, de maintien et de suppression de la force d'essai.

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/899dba1f-ee89-4f5a-b1b0-3bc40aefb56e/iso-14577-2-2002>

4 Vérification directe et étalonnage

4.1 Généralités

4.1.1 La vérification directe doit être effectuée à une température de (23 ± 5) °C.

Si une gamme de températures de fonctionnement est requise, il convient alors de procéder à la vérification directe pour des points appropriés dans cette gamme pour déterminer la validité de l'étalonnage en fonction de la température. Si nécessaire, une fonction de correction de l'étalonnage ou un ensemble d'étalonnages valables à des températures de fonctionnement spécifiques peut être déterminé.

4.1.2 Les instruments utilisés pour la vérification et l'étalonnage doivent pouvoir être raccordés à des étalons nationaux, autant qu'ils soient disponibles.

4.1.3 La vérification directe comprend:

- a) la vérification du pénétrateur;
- b) l'étalonnage de la force d'essai;
- c) l'étalonnage du dispositif de mesure du déplacement;
- d) l'étalonnage de la complaisance de la machine;
- e) la vérification de la fonction d'aire du pénétrateur, si la profondeur de pénétration est inférieure à 6 µm;
- f) la vérification du cycle d'essai.

4.2 Vérification du pénétrateur

4.2.1 Généralités

Le pénétrateur utilisé pour l'essai de pénétration doit être étalonné. La preuve que le pénétrateur est conforme aux prescriptions de la présente partie de l'ISO 14577 doit être apportée par un certificat d'étalonnage émis par un laboratoire d'étalonnage qualifié²⁾ et par la preuve à partir de la vérification indirecte la plus récente que la fonction d'aire du pénétrateur n'a pas été modifiée. Cette dernière doit être apportée au moyen de méthodes de vérification décrites dans l'annexe B et de matériaux de référence certifiés appropriés. Toutes les valeurs géométriques doivent être mesurées et incorporées dans le certificat d'étalonnage. L'aptitude à l'emploi du pénétrateur doit être vérifiée périodiquement (voir article 6).

Si l'angle du pénétrateur s'écarte de la valeur nominale pour une géométrie théorique du pénétrateur, il convient que la moyenne des angles certifiés pour le pénétrateur en question soit utilisée dans tous les calculs applicables, par exemple une erreur de 0,2° dans l'angle Vickers de 136° produit une erreur systématique de 1 % pour l'aire.

L'angle des pénétrateurs de formes pyramidale et conique doit être mesuré dans les plages de profondeurs de pénétration données dans le Tableau 1 (et illustrées à la Figure 1). Il faut que la fonction d'aire des pénétrateurs à utiliser dans les nano- et micro-plages (profondeur de pénétration $\leq 6 \mu\text{m}$) soit étalonnée dans les plages de profondeurs de pénétration pertinentes utilisées.

Tableau 1 — Valeurs pour les plages de mesure relatives à l'angle des pénétrateurs de formes pyramidale et conique

Dimensions en micromètres

Profondeur de pénétration	Macro-plage	Micro-plage
h_1	6	0,2
h_2	200	120

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/899dba1f-ee89-4f5a-b1b0-3bc40aefb56e/iso-14577-2-2002>

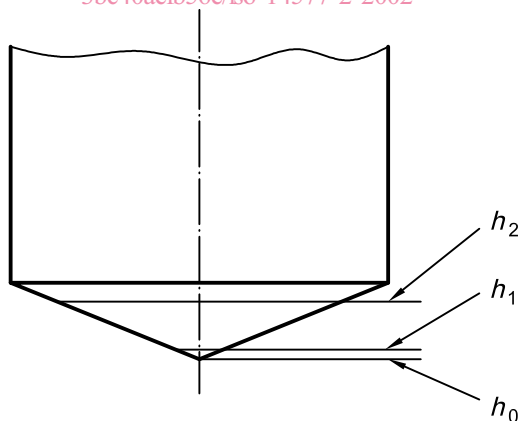


Figure 1 — Illustration des plages de mesure du Tableau 1

4.2.2 Pénétrateur Vickers

4.2.2.1 Les quatre faces du diamant en forme de pyramide droite à base carrée doivent être polies et exemptes de défauts de surface et d'impuretés. Pour les indications relatives au nettoyage de la surface du pénétrateur, voir également l'annexe D de l'ISO 14577-1:2002.

2) Voir ISO/CEI 17025^[1].

La rugosité de surface du pénétrateur a un effet similaire sur l'incertitude de mesure que la rugosité de l'éprouvette. Il convient de tenir compte de la finition de surface du pénétrateur pour les essais dans la nano-plage.

4.2.2.2 L'angle au sommet entre les faces opposées de la pyramide en diamant doit être $136^\circ \pm 0,3^\circ$ (voir Figure 2).

L'angle doit être mesuré dans l'intervalle entre h_1 et h_2 (voir Tableau 1 et Figure 1). La géométrie et la finition du pénétrateur doivent être contrôlées sur tout l'intervalle de profondeur de pénétration étalonné, c'est-à-dire de la pointe du pénétrateur, h_0 , jusqu'à la profondeur de pénétration maximale étalonnée, h_2 .

4.2.2.3 L'angle entre l'axe de la pyramide en diamant et l'axe du porte-pénétrateur (perpendiculairement à la face d'appui) ne doit pas dépasser $0,5^\circ$.

4.2.2.4 Les quatre faces doivent se rencontrer en un point. La longueur maximale permise de la ligne de jonction entre faces opposées est donnée dans le Tableau 2 (voir également la Figure 3).

4.2.2.5 Le rayon de la pointe du pénétrateur ne doit pas dépasser $0,5 \mu\text{m}$ pour la micro-plage (voir Figure 4).

4.2.2.6 La vérification de la forme du pénétrateur doit être effectuée à l'aide de microscopes ou d'autres dispositifs appropriés.

Si le pénétrateur est utilisé pour des essais dans les micro- ou nano-plages, une vérification à l'aide d'un microscope à force atomique (AFM) est recommandée.

Tableau 2 — Longueur maximale permise de la ligne de jonction

Plage de profondeurs de pénétration μm	Longueur maximale permise de la ligne de jonction μm
$h > 30$	1
$30 \geq h > 6$	$0,5^a$
$h \leq 6$	$\leq 0,5^b$

^a On peut supposer que cela a été réalisé lorsqu'il n'y a aucune jonction détectable dans le cas où le pénétrateur est vérifié à l'aide d'un microscope optique de grossissement $\times 400$.

^b La correction de la forme du pénétrateur est prise en compte, voir C.2 de l'ISO 14577-1:2002.

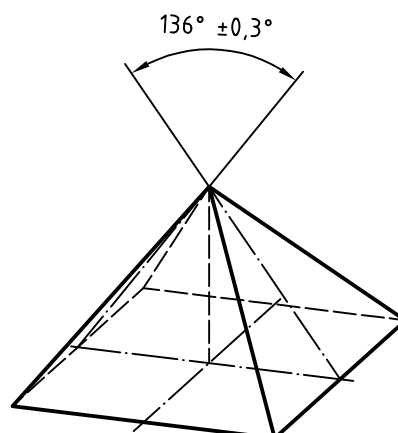
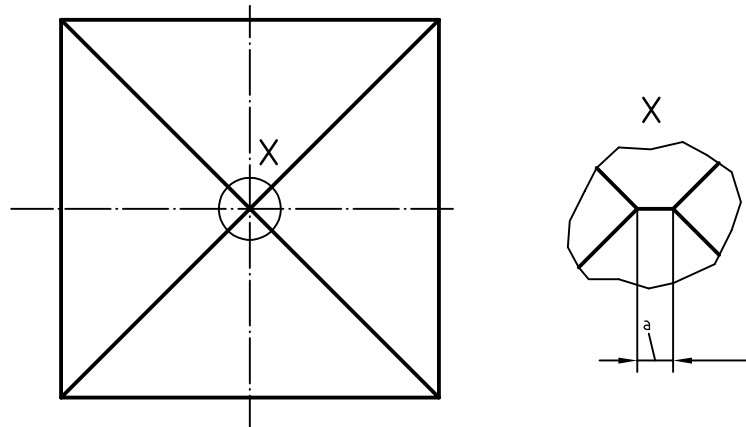


Figure 2 — Angle de la pyramide en diamant Vickers



a Ligne de jonction

Figure 3 — Schéma de la ligne de jonction à la pointe du pénétrateur

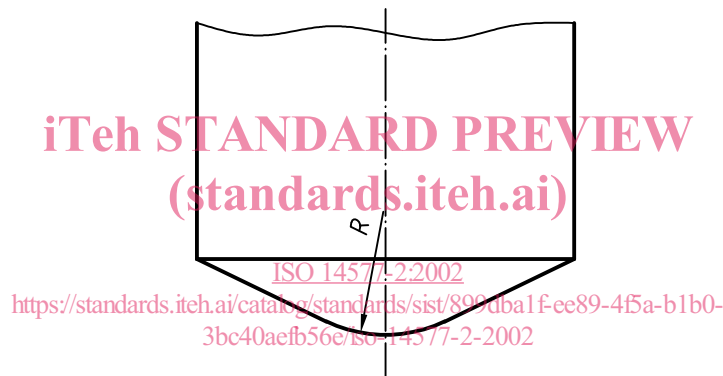


Figure 4 — Rayon de la pointe du pénétrateur

4.2.3 Pénétrateur Berkovich, pénétrateur Berkovich modifié et pénétrateur en forme de trièdre

4.2.3.1 Généralités

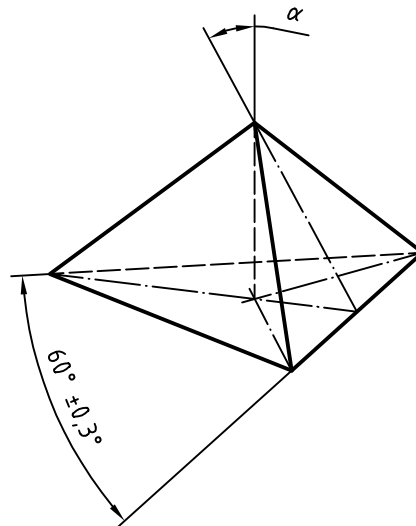
Dans la pratique, il existe deux types de pénétrateurs Berkovich en diamant en forme de pyramide d'usage courant. Le pénétrateur Berkovich [2] est conçu pour avoir la même aire de surface qu'un pénétrateur Vickers pour toute profondeur de pénétration. Le pénétrateur Berkovich modifié [3] est conçu pour avoir la même aire projetée que le pénétrateur Vickers pour toute profondeur de pénétration.

4.2.3.2 Les trois faces de la pyramide en diamant à base triangulaire doivent être polies et exemptes de défauts de surface et d'impuretés. Pour les indications relatives au nettoyage de la surface, voir également l'annexe D de l'ISO 14577-1:2002.

La rugosité de surface du pénétrateur a un effet similaire sur l'incertitude de mesure que la rugosité de l'éprouvette. Il convient de tenir compte de la finition de surface du pénétrateur pour les essais dans la nano-plage.

4.2.3.3 Le rayon de la pointe du pénétrateur ne doit pas dépasser 0,5 μm pour la micro-plage et 0,2 μm pour la nano-plage (voir Figure 4).

4.2.3.4 Pour l'angle α entre l'axe de la pyramide en diamant et les trois faces, voir Figure 5. L'angle entre les trois faces de la pyramide en diamant doit être de $60^\circ \pm 0,3^\circ$ (voir Figure 5).



- $\alpha = 65,03^\circ \pm 0,3^\circ$ pour le pénétrateur Berkovich
- $\alpha = 65,27^\circ \pm 0,3^\circ$ pour le pénétrateur Berkovich modifié
- $\alpha = 35,26^\circ \pm 0,3^\circ$ pour les pénétrateurs en forme de trièdre

Figure 5 — Angle des pénétrateurs Berkovich et en forme de trièdre

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

4.2.3.5 La vérification de la forme du pénétrateur doit être effectuée à l'aide de microscopes ou de dispositifs appropriés.

Si le pénétrateur est utilisé pour des essais dans les micro- et nano-plages, il convient d'effectuer un mesurage à l'aide d'un microscope à force atomique (AFM). Pour la nano-plage, ce mesurage est recommandé.

4.2.4 Pénétrateurs à bille carbure

4.2.4.1 Les caractéristiques des billes carbure doivent être comme suit:

- dureté: la dureté ne doit pas être inférieure à 1 500 HV 10, lorsqu'elle est déterminée conformément à l'ISO 3878;
- masse volumique: $\rho = 14,8 \text{ g/cm}^3 \pm 0,2 \text{ g/cm}^3$.

La composition chimique suivante est recommandée:

— cobalt (Co)	5,0 % à 7,0 %
— total des carbures autres que le carbure de tungstène	2,0 %
— carbure de tungstène (WC)	complément

4.2.4.2 Les billes doivent avoir une géométrie certifiée. Des techniques de certification par lot sont suffisantes. Le certificat doit indiquer le diamètre de la valeur moyenne d'au moins trois points mesurés en des positions différentes. Si une valeur donnée diffère des valeurs admissibles du diamètre nominal (voir Tableau 3), la bille ne doit pas être utilisée comme pénétrateur.