

---

---

**Aciers — Détermination de la  
profondeur de décarburation**

*Steels — Determination of the depth of decarburization*

iTeh STANDARD PREVIEW  
(standards.iteh.ai)

ISO 3887:2023

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/33079808-4cc8-4f6c-9a3b-ce048f9a62f8/iso-3887-2023>



iTeh STANDARD PREVIEW  
(standards.iteh.ai)

ISO 3887:2023

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/33079808-4cc8-4f6c-9a3b-ce048f9a62f8/iso-3887-2023>



**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](mailto:copyright@iso.org)  
Web: [www.iso.org](http://www.iso.org)

Publié en Suisse

## Sommaire

Page

|  |           |
|--|-----------|
| <b>Avant-propos</b> .....  | <b>iv</b> |
| <b>1</b> <b>Domaine d'application</b> .....  | <b>1</b>  |
| <b>2</b> <b>Références normatives</b> .....  | <b>1</b>  |
| <b>3</b> <b>Termes et définitions</b> .....  | <b>1</b>  |
| <b>4</b> <b>Prélèvement d'échantillons</b> .....   | <b>2</b>  |
| <b>5</b> <b>Méthodes de mesure</b> .....   | <b>2</b>  |
| 5.1   Généralités .....  | 2         |
| 5.2   Méthode métallographique .....   | 3         |
| 5.2.1   Généralités .....  | 3         |
| 5.2.2   Prélèvement et préparation de l'échantillon .....                                  | 3         |
| 5.2.3   Mesurage .....   | 3         |
| 5.3   Méthode de mesurage de la microdureté .....  | 5         |
| 5.3.1   Généralités .....  | 5         |
| 5.3.2   Prélèvement et préparation de l'échantillon .....                                  | 6         |
| 5.3.3   Mesurage .....   | 6         |
| 5.4   Méthodes de détermination de la teneur en carbone .....                              | 8         |
| 5.4.1   Généralités .....  | 8         |
| 5.4.2   Analyse chimique .....   | 8         |
| 5.4.3   Analyse spectrographique .....   | 8         |
| 5.4.4   Interprétation des résultats (méthodes chimiques et spectrographiques) .....       | 8         |
| 5.4.5   Analyse par microsonde électronique (EPMA) .....                                   | 8         |
| 5.4.6   Analyse par spectrométrie d'émission optique à décharge lumineuse<br>(GDOES) ..... | 9         |
| <b>6</b> <b>Rapport d'essais</b> .....   | <b>10</b> |
| <b>Annexe A (informative) Exemples de microstructure typique de décarburation</b> .....    | <b>11</b> |

## 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](http://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](http://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](http://www.iso.org/avant-propos).

Le présent document a été élaboré par le comité technique [ISO/TC 17, *Acier*, sous-comité SC 7, *Méthodes d'essais (autres que les essais mécaniques et les analyses chimiques)*], en collaboration avec le comité technique CEN/TC 459, *ECISS - Comité européen de 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 quatrième édition annule et remplace la troisième édition (ISO 3887:2017), qui a fait l'objet d'une révision.

La principale modification est la suivante:

- en [5.2.1](#) une NOTE a été ajoutée concernant l'utilisation de l'analyse d'image automatique.

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](http://www.iso.org/fr/members.html).

# Aciers — Détermination de la profondeur de décarburation

## 1 Domaine d'application

Le présent document définit la décarburation et spécifie trois méthodes de mesure de la profondeur de décarburation des produits acier.

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

ISO 6507-1, *Matériaux métalliques — Essai de dureté Vickers — Partie 1: Méthode d'essai*

ISO 9556, *Aciers et fontes — Dosage du carbone total — Méthode par absorption dans l'infrarouge après combustion dans un four à induction*

ISO 14594, *Analyse par microfaisceaux — Analyse par microsonde électronique (Microsonde de Castaing) — Lignes directrices pour la détermination des paramètres expérimentaux pour la spectrométrie à dispersion de longueur d'onde*

ISO 14707, *Analyse chimique des surfaces — Spectrométrie d'émission optique à décharge lumineuse — Introduction à son emploi*

ISO 15349-2, *Aciers non alliés — Détermination des faibles teneurs en carbone — Partie 2: Méthode par absorption dans l'infrarouge après combustion dans un four à induction (avec préchauffage)*

## 3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions suivants s'appliquent.

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/>

### 3.1

#### décarburation

réduction de la teneur en carbone de la zone superficielle de l'acier

Note 1 à l'article: Une distinction est faite entre

- la décarburation partielle,  $d_3$ , mesurée comme la distance du point à partir duquel la teneur en carbone dépasse la limite de solubilité dans la ferrite, devenant visible sous forme par exemple de perlite, au point où il n'y a plus de différence visible par rapport à la concentration de carbone du métal de base, et
- la décarburation totale, aussi appelée décarburation ferrite,  $d_1$ , mesurée comme la distance entre la surface du produit et la limite à partir de laquelle la teneur en carbone est sous la limite de solubilité du carbone dans la ferrite ainsi seule la ferrite est présente.

Note 2 à l'article: La profondeur de la décarburation totale telle que décrite en b) est déterminée par l'examen de la microstructure.

### 3.2 profondeur de la décarburation fonctionnelle

$d_2$   
distance entre la surface du produit et le point où la teneur en carbone ou la dureté est au niveau auquel la fonction du produit ne serait pas affectée par une réduction de la teneur en carbone (c'est-à-dire, au niveau minimal spécifié dans la norme produit)

### 3.3 profondeur de la décarburation globale

$d_4$   
distance entre la surface du produit et la limite à partir de laquelle la teneur en carbone est celle du métal de base non affecté; la somme de la *décarburation* (3.1) partielle et totale  $d_3 + d_1$ , étant désigné par les lettres DD

EXEMPLE DD = 0,08 mm.

Note 1 à l'article: Elle est exprimée en millimètres.

### 3.4 profil de profondeur de la teneur en carbone

courbe indiquant la relation entre la distance perpendiculaire à la surface du matériau acier et la teneur en carbone

### 3.5 profil de la profondeur de la dureté

courbe indiquant la relation entre la distance perpendiculaire à la surface du matériau en acier et la dureté

## 4 Prélèvement d'échantillons

Les échantillons doivent être prélevés aux endroits qui sont représentatifs de l'éprouvette en vrac. L'emplacement et le nombre d'échantillons prélevés dépendent de la nature du matériau à soumettre à essai et sont définis par accord entre les parties concernées.

Les éprouvettes pour les méthodes métallographiques, les essais de microdureté ou les analyses par microsonde électronique doivent être coupés de l'éprouvette en vrac perpendiculairement à l'axe longitudinal du produit afin que des mesures soient effectuées sur un plan transversal. Cette procédure permet la détermination de la variation de décarburation sur le pourtour de l'éprouvette. Sauf accord contraire spécifié, la partie d'angle qui peut provoquer une décarburation anormale ne doit pas être incluse. Pour les éprouvettes jusqu'à environ 2,5 cm de diamètre, la section entière est polie et examinée. Pour les plus grandes sections transversales, une ou plusieurs éprouvettes doivent être préparées afin de pouvoir évaluer les variations de surface de décarburation. Le plan d'échantillonnage pour de larges fractions doit être déterminé par accord entre les parties concernées.

Les éprouvettes pour les méthodes d'analyse chimique doivent être d'une longueur suffisante pour que le poids des tournures incrémentielles soit adéquat pour l'analyse chimique ou la taille des surfaces blanchies soit assez grande pour des étincelages mais assez petits pour tenir dans le porte-échantillon.

## 5 Méthodes de mesure

### 5.1 Généralités

Le choix de la méthode et son exactitude dépendent du degré de décarburation, de la microstructure, de la teneur en carbone du produit examiné et de la forme du produit.

Les méthodes habituelles utilisées sur des produits finis sont les suivantes:

- méthode métallographique (voir 5.2);
- méthode pour mesurage de la microdureté (Vickers ou Knoop) pour des aciers à l'état durci ou à l'état trempé et revenu (voir 5.3);
- méthode pour la détermination de la teneur en carbone par analyse chimique (voir 5.4.2), analyse spectrographique (voir 5.4.3), analyse par microsonde électronique (EPMA) (voir 5.4.5), analyse par spectrométrie d'émission optique par décharge lumineuse (GDOES) (voir 5.4.6).

L'échantillon devrait être examiné à l'état de livraison. Néanmoins, si par accord entre les parties concernées, un traitement thermique supplémentaire est appliqué, des précautions doivent être prises pour empêcher des modifications de pourcentage massique et/ou de la distribution du carbone, par exemple, un petit échantillon, une austénitisation brève, une atmosphère neutre.

La méthode de mesure doit faire l'objet d'un accord écrit entre les parties concernées, à moins qu'elle ne soit définie dans la norme produit. En l'absence d'accord ou d'une exigence dans la norme produit, il convient d'utiliser la méthode métallographique.

## 5.2 Méthode métallographique

### 5.2.1 Généralités

Sauf spécifications contraires, cette méthode doit être appliquée uniquement dans les cas où les modifications de la teneur en carbone se traduisent par des variations de la microstructure.

Cette méthode est valable principalement pour des aciers présentant une structure recuite, normalisée, laminée, ou forgée. Elle peut s'appliquer, avec réserves, aux produits présentant une structure de trempe ou de revenu pour lesquelles l'interprétation des variations de structures devient difficile.

NOTE L'analyse d'image automatique peut être utilisée pour mesurer la profondeur de décarburation. De préférence, la précision des méthodes est préalablement démontrée par une corrélation croisée approfondie.

### 5.2.2 Prélèvement et préparation de l'échantillon

Le polissage métallographique, effectué selon les méthodes habituelles, doit être conduit de façon à ne pas arrondir les bords. Pour ceci, l'échantillon peut être monté ou tenu dans un étau, et la surface du produit peut, si nécessaire, être protégée par un dépôt métallique obtenu par réduction chimique ou revêtement électrolytique. Il convient d'utiliser les techniques de préparation automatiques et semi-automatiques dans la mesure du possible.

Une attaque par une solution à 1,5 % à 4 % d'acide nitrique dans de l'éthanol (nital) ou à 2 % à 5 % d'acide picrique dans de l'éthanol (picral) mettra en évidence la structure de l'acier.

### 5.2.3 Mesurage

En règle générale, la diminution de la teneur en carbone peut être déterminée pour les cas suivants:

- a) ferrite et perlite: à partir de la diminution de la quantité de perlite;
- b) perlite et carbures se développant de façon hypereutectoïde: à partir de la diminution de la quantité de carbures de façon hypereutectoïde et/ou de perlite;
- c) matrice de ferrite avec des carbures dispersés: à partir de la diminution de la quantité de carbures dans la matrice de ferrite.

Cette méthode peut également être utilisée pour examiner les modifications dans les microstructures si les modifications de la teneur en carbone font apparaître des modifications apparentes de la microstructure. Par exemple pour des microstructures durcies ou trempées et revenues, mais

uniquement s'il existe au sein de la structure caractéristique une limite nette qui est décisive pour la profondeur de la décarburation. Des exemples types de microstructures de décarburation sont donnés dans l'[Annexe A](#).

La distance de la surface à la limite à partir de laquelle la structure ne diffère pas de la structure du métal de base doit être mesurée (décarburation globale). Le mesurage doit être effectué en utilisant un matériel convenablement calibré.

Le choix du grossissement est fonction de la profondeur de décarburation et doit être choisi par l'examineur à moins d'un accord contraire entre les parties concernées. Il convient que le grossissement maximal adopté permette à toute l'étendue de la décarburation d'être vue. Un grossissement de  $\times 100$  est recommandé comme grossissement utile pour la majorité des cas.

Un examen préliminaire de la surface entière à faible grossissement permettra de s'assurer que toute variation importante de la profondeur de décarburation le long de la périphérie est observée pour évaluation ultérieure.

La zone la plus profonde uniforme de décarburation est déterminée par examen préliminaire de la surface de la section. Il convient d'utiliser l'une des deux méthodes de mesure. Le choix de la méthode de mesure sera conforme à l'accord entre les parties concernées.

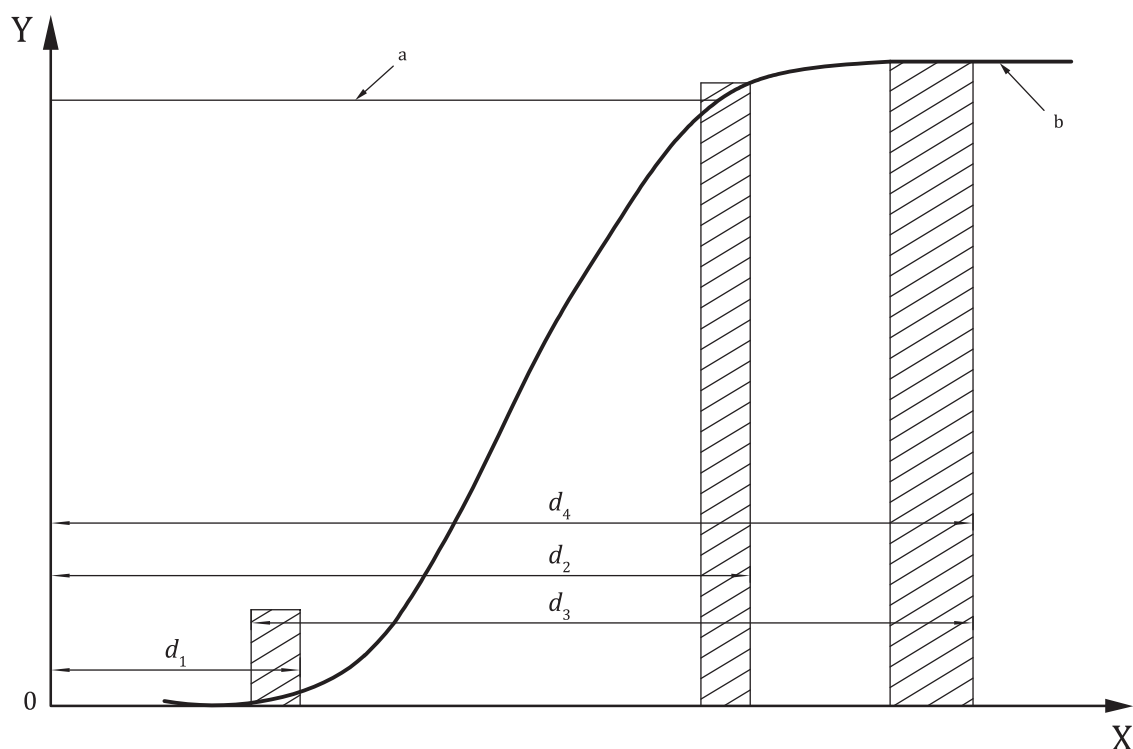
- La méthode du champ le plus sale est la méthode la plus simple, et est suffisante pour de nombreuses raisons. Une mesure de la profondeur de décarburation est menée et rapportée dans la zone de décarburation uniforme la plus profonde.
- La méthode de la moyenne est la méthode alternative. Commençant à la zone la plus profonde uniforme de décarburation, le premier point de mesure, la surface est divisée en parties de taille égale, aux extrémités dont la profondeur de décarburation est aussi être mesurée. Sauf accord contraire, quatre valeurs individuelles mesurées sont déterminées. La profondeur de décarburation totale de l'échantillon est définie comme la moyenne de ces mesures. Les points mesurés qui présentent des défauts de surface ne sont pas pris en compte lors de la détermination de la moyenne.

Les diverses bandes de décarburation sont illustrées schématiquement à la [Figure 1](#). Les limites séparant les divers types de décarburation sont illustrées sous formes de bandes hachurées ayant une largeur illustrant la variabilité en pratique des mesures dues à l'incertitude de l'interprétation.

Si le produit a subi une opération entraînant une carburation, la définition du «métal de base» doit faire l'objet d'un accord entre les parties concernées.

La profondeur admissible de décarburation doit être spécifiée dans la norme appropriée couvrant le produit ou doit faire l'objet d'un accord entre les parties concernées.





### Légende

|   |  |       |                             |
|---|--|-------|-----------------------------|
| X | distance à la surface  | $d_1$ | décarburation totale        |
| Y | teneur en carbone  | $d_2$ | décarburation fonctionnelle |
| a | Teneur minimale en carbone spécifiée dans la norme de produit. | $d_3$ | décarburation partielle     |
| b | Teneur en carbone du métal de base.                            | $d_4$ | décarburation globale       |

NOTE: La profondeur de décarburation totale comme décrit en  $d_1$  est déterminée par un examen de la microstructure.

**Figure 1 — Profil de profondeur de la teneur en carbone: représentation schématique pour une décarburation type de l'acier**

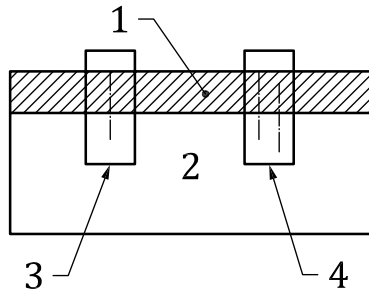
## 5.3 Méthode de mesurage de la microdureté

### 5.3.1 Généralités

Les méthodes considérées sont celles de Vickers, conformément à l'ISO 6507-1, et de Knoop, conformément à l'ISO 4545-1.

Chaque méthode consiste à déterminer le profil de profondeur de la micro-dureté sur une section transversale du produit le long d'une ligne perpendiculaire (voir [Figure 2](#)) ou oblique (voir [Figure 3](#)) à la surface. La ligne perpendiculaire est pratique pour la mesure des profondeurs de décarburation moyennes et grandes et la ligne oblique pour des profondeurs moyennes et petites. Dans le cas de la ligne perpendiculaire, des intervalles de mesure plus fins peuvent être obtenus si une ligne en zigzag est utilisée.

Cette technique n'est applicable qu'aux aciers hypoeutectoïdes à l'état durci, trempé ou ayant subi un traitement thermique, et aux zones décarburrées qui sont dans une zone durcie, afin d'éviter l'incidence des variations de dureté dues à une pénétration imparfaite. Cette méthode devient imprécise dans le cas des aciers à faible teneur en carbone.

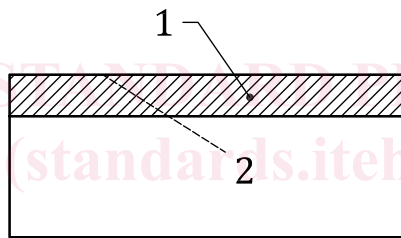


**Légende**

- 1 décarburation
- 2 matériau de base
- 3 une ligne droite
- 4 ligne zig-zag

NOTE Les lignes en pointillés indiquent les lignes de mesure.

**Figure 2 — Schéma de mesure sur une section transversale du produit le long d'une ligne perpendiculaire à la surface**



**Légende**

- 1 décarburation
- 2 matériau de base

NOTE Les lignes en pointillés indiquent la ligne de mesure.

**Figure 3 — Schéma de mesure sur une section transversale du produit le long d'une ligne oblique à la surface**

**5.3.2 Prélèvement et préparation de l'échantillon**

Le prélèvement et la préparation de l'échantillon doivent être identiques à celles utilisées pour la méthode métallographique (voir 5.2.2), bien que, en général, l'échantillon ne doive pas subir d'attaque, afin de faciliter le mesurage de la taille de l'empreinte.

**5.3.3 Mesurage**

Sur le plan d'essai, définir l'emplacement de la ligne perpendiculaire ou oblique à la surface, mesurer la dureté Vickers ou la dureté Knoop consécutivement le long de la ligne perpendiculaire ou oblique à la surface et tracer le profil de profondeur de la dureté.

La charge d'essai sera aussi élevée que possible, afin de réduire au minimum la dispersion des mesures. Les intervalles entre les points de mesure au moment de faire le profil de profondeur de la dureté par un essai de dureté Vickers ou un essai de dureté Knoop doivent être de 0,1 mm ou moins. La distance entre les centres de deux empreintes adjacentes doit satisfaire aux critères de séparation de l'ISO 6507-1 ou de l'ISO 4545-1.