

NORME INTERNATIONALE

ISO
4829-2

Première édition
1988-12-01



INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION
ORGANISATION INTERNATIONALE DE NORMALISATION
МЕЖДУНАРОДНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ПО СТАНДАРТИЗАЦИИ

Aciers et fontes — Dosage du silicium total — Méthode spectrophotométrique au molybdosilicate réduit —

Partie 2:

iTeh STANDARD PREVIEW

Teneurs en silicium comprises entre 0,01 et 0,05 %
(standards.itteh.ir)

*Steel and iron — Determination of total silicon content — Reduced molybdosilicate
spectrophotometric method* — ISO 4829-2:1988
<https://standards.itteh.ir/catalog/standards/sist/7b368/c6-d1d2-48ee-ad28-cf7330245491/iso-4829-2-1988>

Part 2: Silicon contents between 0,01 and 0,05 %

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 projets de Normes internationales adoptés par les comités techniques sont soumis aux comités membres pour approbation, avant leur acceptation comme Normes internationales par le Conseil de l'ISO. Les Normes internationales sont approuvées conformément aux procédures de l'ISO qui requièrent l'approbation de 75 % au moins des comités membres votants.

La Norme internationale ISO 4829-2 a été élaborée par le comité technique ISO/TC 17, *Acier*.

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/7b3687c6-d1d2-48ee-ad28-cf7330245491/iso-4829-2-1988>

L'attention des utilisateurs est attirée sur le fait que toutes les Normes internationales sont de temps en temps soumises à révision et que toute référence faite à une autre Norme internationale dans le présent document implique qu'il s'agit, sauf indication contraire, de la dernière édition.

L'ISO 4829 comprend les parties suivantes, présentées sous le titre général *Aciers et fontes — Dosage du silicium total — Méthode spectrophotométrique au molybdosilicate réduit*:

- *Partie 1: Teneurs en silicium entre 0,05 et 1,0 %*
- *Partie 2: Teneurs en silicium comprises entre 0,01 et 0,05 %*

Aciers et fontes — Dosage du silicium total — Méthode spectrophotométrique au molybdosilicate réduit —

Partie 2:

Teneurs en silicium comprises entre 0,01 et 0,05 %

1 Objet et domaine d'application

La présente Norme internationale spécifie une méthode spectrophotométrique au molybdosilicate réduit pour le dosage du silicium total dans les aciers et les fontes.

La méthode est applicable aux teneurs en silicium comprises entre 0,01 et 0,05 % (*m/m*) dans les aciers et les fontes.

2 Références

ISO 377, *Acier corroyé — Prélèvement et préparation des échantillons et des éprouvettes.*

ISO 385-1, *Verrerie de laboratoire — Burettes — Partie 1: Spécifications générales.*

ISO 648, *Verrerie de laboratoire — Pipettes à un trait.*

ISO 1042, *Verrerie de laboratoire — Fioles jaugées à un trait.*

ISO 5725, *Fidélité des méthodes d'essai — Détermination de la répétabilité et de la reproductibilité d'une méthode d'essai normalisée par essais interlaboratoires.*

3 Principe

Dissolution d'une prise d'essai dans un mélange d'acide chlorhydrique/acide nitrique.

Fusion du résidu insoluble dans l'acide par le peroxyde de sodium.

Formation du complexe de molybdosilicate oxydé (jaune) dans une solution de faible acidité.

Réduction sélective du complexe de molybdosilicate en un complexe réduit coloré en bleu par une solution d'acide ascorbique, après augmentation de la concentration d'acide sulfurique et addition d'acide oxalique afin d'éliminer l'interférence du phosphore, de l'arsenic et du vanadium.

Mesurage spectrophotométrique du complexe réduit coloré en bleu à une longueur d'onde aux environs de 810 nm.

4 Réactifs

Au cours de l'analyse, sauf indication contraire, utiliser uniquement des réactifs de qualité analytique reconnue.

Les réactifs stockés dans des bouteilles en verre, une fois ouvertes, peuvent absorber de l'humidité et réagir avec la verrerie. Les réactifs alcalins, par exemple le carbonate de sodium et le peroxyde de sodium, sont particulièrement susceptibles de réagir. Pour éviter le risque de contamination importante provenant de ces sources, il est recommandé de n'utiliser que les bouteilles fraîchement ouvertes pour préparer les solutions des réactifs.

De plus, l'eau distillée doit être uniquement utilisée pour la préparation de la solution de réactifs et tout au long du mode opératoire. L'eau déminéralisée par l'échange d'ion ne doit pas être utilisée, parce qu'elle peut contenir une quantité importante de silice colloïdale.

Pour éviter toute contamination accidentelle, l'eau doit être préparée pour chaque série d'analyse et être conservée dans un récipient en polypropylène pour l'emploi immédiat.

Toutes les solutions doivent être fraîchement préparées et conservées dans des récipients en polypropylène ou en polytétrafluoroéthylène.

4.1 Fer pur, à teneur en silicium inférieure à 2 µg/g.

4.2 Peroxyde de sodium, granulométrie inférieure à 500 µm.

4.3 Acide sulfurique, dilué 1 + 3.

À 600 ml d'eau, ajouter avec soin et en agitant 250 ml d'acide sulfurique, ρ 1,84 g/ml environ. Refroidir, diluer à 1 000 ml et homogénéiser.

4.4 Acide sulfurique, dilué 1 + 19.

À 800 ml d'eau, ajouter avec soin et en agitant 50 ml d'acide sulfurique, ρ 1,84 g/ml environ. Refroidir, diluer à 1 000 ml et homogénéiser.

4.5 Mélange d'acide chlorhydrique/acide nitrique.

Ajouter 180 ml d'acide chlorhydrique, ρ 1,19 g/ml environ, et 65 ml d'acide nitrique, ρ 1,40 g/ml environ, à 500 ml d'eau. Refroidir, diluer à 1 000 ml et homogénéiser.

4.6 Acide ascorbique, solution à 20 g/l.

Préparer cette solution immédiatement avant l'emploi.

4.7 Acide oxalique, solution.

Dissoudre 5 g d'acide oxalique dihydraté ($C_2H_2O_4 \cdot 2H_2O$) dans de l'eau, diluer à 100 ml et homogénéiser.

4.8 Peroxyde d'hydrogène, solution.

Diluer 200 ml de peroxyde d'hydrogène à 300 g/l, à 1 000 ml et homogénéiser.

4.9 Permanganate de potassium, solution à 22,5 g/l.

Filtrer avant l'emploi.

4.10 Molybdate de sodium, solution.

Dissoudre 2,5 g de molybdate de sodium dihydraté ($Na_2MoO_4 \cdot 2H_2O$) dans 50 ml d'eau et filtrer sur un papier filtre de texture moyenne. Immédiatement avant l'emploi, ajouter 15 ml d'acide sulfurique (4.4), diluer à 100 ml et homogénéiser.

4.11 Silicium, solution étalon.

4.11.1 Silicium, solution mère contenant 1 g de Si par litre.

Peser, à 0,1 mg près, 2,139 3 g de silice haute pureté, fraîchement calcinée (> 99,9 % SiO_2) et transvaser dans un creuset en platine. (Calciner la silice de haute pureté pendant 1 h à la température de 1 100 °C et refroidir dans un dessiccateur immédiatement avant l'emploi.) Mélanger parfaitement avec 16 g de carbonate de sodium anhydre et faire une fusion à la température de 1 050 °C pendant 30 min. Reprendre le produit de la fusion par 100 ml d'eau dans un bécher en polypropylène ou en polytétrafluoroéthylène (voir la note). Transvaser l'extrait, qui ne doit contenir aucune trace de résidu, dans une fiole jaugée de 1 000 ml, compléter au volume et homogénéiser. Transvaser immédiatement dans une bouteille en polytétrafluoroéthylène convenablement bouchée pour le stockage.

1 ml de cette solution mère contient 1 mg de Si.

NOTE — La reprise du produit de la fusion peut exiger un chauffage modéré.

4.11.2 Silicium, solution étalon contenant 20 mg de Si par litre.

Transvaser 10,0 ml de la solution mère de silicium (4.11.1) dans une fiole jaugée de 500 ml. Compléter au volume et homogénéiser.

néiser. Transvaser immédiatement dans une bouteille en polytétrafluoroéthylène convenablement bouchée pour l'emploi immédiat.

1 ml de cette solution étalon contient 20 µg de Si.

5 Appareillage

Matériel courant de laboratoire, et

5.1 Bêchers et couvercles, en polypropylène ou en polytétrafluoroéthylène.

5.2 Creusets métalliques, en zirconium, de 50 ml de capacité.

NOTE — Des creusets en carbone vitreux peuvent être utilisés à la place des creusets métalliques en zirconium.

5.3 Verrerie jaugée.

Toutes les verreries jaugées doivent être de qualité A, appropriée conformément à l'ISO 385-1, l'ISO 648 ou l'ISO 1042.

L'emploi de verrerie doit être restreint à une durée minimale de contact et le verre en borosilicate doit être utilisé autant que possible.

5.4 Spectrophotomètre.

Le spectrophotomètre doit être muni d'un système de mesure de l'absorbance sur une largeur de bande spectrale inférieure ou égale à 10 nm et à une longueur d'onde de 810 nm. La précision de mesure de la longueur d'onde doit être de ± 2 nm au maximum d'absorption d'un filtre en verre aux oxydes de didyme à 803 nm ou toute autre méthode d'étalonnage convenablement adaptée. La mesure d'absorption, exprimée en coefficient de variation, doit être inférieure ou égale à $\pm 0,3$ % pour la solution d'absorbance maximale.

6 Échantillonnage

Effectuer l'échantillonnage conformément à l'ISO 377 ou aux normes nationales appropriées pour les fontes.

7 Mode opératoire

7.1 Prise d'essai

Peser, à 1 mg près, $0,50 \pm 0,01$ g (*m*) de l'échantillon pour essai sous forme de copeaux fins obtenus par tournage, fraisage ou limage.

7.2 Essai à blanc

Parallèlement au dosage et en suivant le même mode opératoire, effectuer un essai à blanc en utilisant les mêmes quantités de tous les réactifs, mais en remplaçant la prise d'essai par $0,50 \pm 0,01$ g de fer pur (4.1).

Il est essentiel que les valeurs de l'essai à blanc soient contrôlées. Il est recommandé que deux essais à blanc soient effectués pour chaque lot d'essais et que la valeur moyenne soit utilisée comme base de calcul. Les valeurs très élevées et dispersées de l'essai à blanc devraient être considérées comme inacceptables et la recherche de la source de contamination devrait être effectuée par la vérification de la qualité de l'eau et des réactifs individuels à chaque étape avant de procéder à l'opération suivante. Un choix attentif est particulièrement nécessaire pour le peroxyde de sodium et le permanganate de potassium car certaines qualités de ces réactifs donnent des valeurs élevées pour le blanc. Il est recommandé que la lecture de l'essai à blanc ne dépasse pas 0,050 comme absorbance, ce qui équivaut à 0,008 % (m/m) de silicium par parcours optique de 4 cm.

7.3 Dosage

7.3.1 Dissolution de la prise d'essai

Introduire la prise d'essai (7.1) dans un bécher en polypropylène ou en polytétrafluoroéthylène de 250 ml (5.1). Ajouter 85 ml du mélange acide chlorhydrique/acide nitrique (4.5), couvrir par un couvercle (5.1) et chauffer doucement pour dissoudre la prise d'essai, sans subir de perte importante de volume.

Lorsque la dissolution est terminée, filtrer la solution sur un papier filtre durci de texture serrée de faible teneur connue en cendre et recueillir le filtrat dans un bécher de 500 ml. Rincer le bécher avec 20 ml d'eau chaude, enlever les particules collées avec une baguette à embout de caoutchouc et filtrer les eaux de rinçage sur le même papier filtre. Laver le papier filtre plusieurs fois avec 20 ml d'eau chaude. Conserver le filtrat pour l'employer comme indiqué en 7.3.2.

7.3.2 Traitement du résidu insoluble

Transvaser le papier filtre et le résidu dans un creuset métallique en zirconium (5.2) et calciner à basse température jusqu'à élimination de la matière carbonée, puis calciner à 600 °C dans un four. Refroidir et mélanger le résidu avec 0,25 g de peroxyde de sodium (4.2). Couvrir par 0,25 g supplémentaire de peroxyde de sodium et chauffer à 600 °C durant 10 min dans un four. Refroidir, ajouter 15 ml d'eau, couvrir le creuset par un couvercle et laisser la réaction se calmer. Ajouter 15 ml d'acide sulfurique (4.4), agiter pour dissoudre tout le précipité et ajouter au filtrat obtenu selon le mode opératoire indiqué en 7.3.1. Rincer le creuset et le couvercle avec de l'eau et ajouter les eaux de lavages au filtrat.

7.3.3 Préparation de la solution d'essai

Diluer les solutions obtenues en 7.3.2 à 300 ml environ et refroidir. Ajouter 5 ml de la solution de permanganate de potassium (4.9), puis si nécessaire, en ajouter, goutte à goutte, jusqu'à ce que la coloration rose persiste pendant au moins 1 min. [Ajouter la même quantité de solution de permanganate de potassium (4.9) à la solution d'essai à blanc (voir 7.2) pour produire la coloration rose dans la solution d'essai comme étant demandé.] Chauffer à l'ébullition et faire bouillir doucement pendant 2 min. Si la précipitation de dioxyde de manganèse se produit, ajouter, goutte à goutte, du peroxyde d'hydrogène (4.8) jusqu'à ce que le précipité soit dissous et maintenir à douce ébullition pendant 5 min. (Traiter l'essai à blanc exacte-

ment comme la solution d'essai, bien que la précipitation du dioxyde de manganèse ne se produise pas.) Refroidir, transvaser dans une fiole jaugée de 1 000 ml, compléter au volume avec de l'eau et homogénéiser. Transvaser immédiatement dans des récipients en polypropylène ou en polytétrafluoroéthylène.

7.3.4 Développement de la coloration

Prélever à la pipette deux parties aliquotes de 20,0 ml de solution d'essai (7.3.3) et deux parties aliquotes de 20 ml de la solution d'essai à blanc (voir 7.2) et les introduire séparément dans des fioles jaugées en silicoborate de 50 ml. Dans chaque cas, une partie aliquote est destinée à la solution d'essai et l'autre à la solution de compensation.

Les solutions d'échantillon pour essai contenant du niobium ou du tantale donneront des précipités finement divisés au moment de la dilution. Laisser s'achever la précipitation juste avant de prélever les parties aliquotes, verser le liquide surnageant à travers le papier filtre sec à texture serrée dans un récipient sec. Jeter les premiers millilitres.

À une température maximale comprise entre 15 et 25 °C, traiter chaque solution d'essai et de compensation comme indiqué ci-dessous, en utilisant des pipettes pour l'addition de toutes les solutions des réactifs.

a) Solution d'essai

Ajouter, dans l'ordre suivant, en agitant après chaque addition :

- 10,0 ml de la solution de molybdate de sodium (4.10) et laisser reposer pendant 20 min;
- 5,0 ml d'acide sulfurique (4.3);
- 5,0 ml de la solution d'acide oxalique (4.7);
- immédiatement, 5,0 ml de la solution d'acide ascorbique (4.6).

b) Solution de compensation

Ajouter, dans l'ordre suivant, en agitant après chaque addition :

- 5,0 ml d'acide sulfurique (4.3);
- 5,0 ml de la solution d'acide oxalique (4.7);
- 10,0 ml de la solution de molybdate de sodium (4.10);
- immédiatement, 5,0 ml de la solution d'acide ascorbique (4.6).

Compléter au volume et homogénéiser. Laisser reposer chaque solution d'essai (prise d'essai et essai à blanc) et la solution de compensation correspondante pendant 30 min.

7.3.5 Mesurages spectrophotométriques

Effectuer le mesurage spectrophotométrique de chaque solution (7.3.4) à une longueur d'onde voisine de 810 nm (voir la note), en cuve de parcours optique de 4 cm, en employant l'eau comme milieu de référence.

Corriger l'absorbance de chaque solution d'essai (prise d'essai et essai à blanc) par soustraction de l'absorbance de chaque solution de compensation correspondante.

NOTE — Une autre longueur d'onde que celle de 810 nm (dans une étendue de 760 à 860 nm) peut être utilisée s'il convient de donner une étendue appropriée de l'absorbance pour les séries de l'étalonnage sur le spectrophotomètre utilisé. Le coefficient spécifique d'absorbance massique à 810 nm a été mesuré: il est de $780 \text{ (g Si/l)}^{-1} \text{ cm}^{-1}$.

7.4 Établissement de la courbe d'étalonnage

7.4.1 Préparation des solutions d'étalonnage

Transvaser $0,50 \pm 0,01 \text{ g}$ de fer pur (4.1) dans des béchers en polypropylène ou en polytétrafluoroéthylène de 250 ml (5.1) et dissoudre conformément à 7.3.1 et 7.3.2.

Ajouter exactement les volumes mesurés de la solution étalon de silicium (4.11.2) afin d'obtenir les séries de solutions d'étalonnage pour chaque étendue de teneur en silicium indiquée dans le tableau 1.

Tableau 1

Volume de solution étalon de silicium (4.11.2) ml	Masse correspondante de silicium µg	Concentration de silicium dans une partie aliquote après développement de la coloration µg/ml
0,0	0	0,000
2,5	50	0,020
5,0	100	0,040
7,5	150	0,060
10,0	200	0,080
12,5	250	0,100

Poursuivre le traitement des séries de solutions d'étalonnage comme indiqué en 7.3.3 mais supprimer l'essai à blanc, puis procéder comme indiqué en 7.3.4 mais supprimer les solutions de compensation.

NOTE — Les solutions d'essais à blanc et les solutions de compensation ne sont pas nécessaires pour les solutions d'étalonnage parce que toutes les deux sont corrigées par le terme zéro de la série correspondante.

7.4.2 Mesurages spectrophotométriques

Effectuer le mesurage spectrophotométrique de chaque solution (7.4.1) à une longueur d'onde voisine de 810 nm (voir la note en 7.3.5), en cuve de parcours optique de 4 cm, en employant l'eau comme milieu de référence.

Soustraire l'absorbance de la solution de terme zéro de l'absorbance de chaque solution d'étalonnage.

7.4.3 Tracé de la courbe d'étalonnage

Préparer la courbe d'étalonnage par traçage des valeurs de l'absorbance nette par rapport aux concentrations en silicium, exprimées en microgrammes par millilitre, dans les solutions mesurées.

8 Expression des résultats

8.1 Méthode de calcul

À l'aide du graphique d'étalonnage (7.4.3), convertir l'absorbance corrigée de chaque solution d'essai (prise d'essai et essai à blanc) (7.3.5) en valeur correspondante de la concentration en silicium de la solution d'essai colorée, exprimée en microgrammes par millilitres.

Calculer la teneur en silicium (Si), exprimée en pourcentage en masse, d'après la formule suivante:

$$\begin{aligned} & (\rho_{\text{Si1}} - \rho_{\text{Si0}}) \times \frac{1}{10^6} \times \frac{V_0}{V_1} \times \frac{V_t}{m} \times 100 \\ &= (\rho_{\text{Si1}} - \rho_{\text{Si0}}) \times \frac{1}{10^6} \times \frac{1\,000}{20} \times \frac{50}{m} \times 100 \\ &= (\rho_{\text{Si1}} - \rho_{\text{Si0}}) \frac{1}{4m} \end{aligned}$$

où

ρ_{Si0} est la concentration, exprimée en microgrammes par millilitre, de silicium dans la solution d'essai à blanc (corrigée de sa solution de compensation);

ρ_{Si1} est la concentration, exprimée en microgrammes par millilitre, de silicium dans la solution d'essai (corrigée de sa solution de compensation);

V_0 est le volume, en millilitres, de la solution d'essai (7.3.3);

V_1 est le volume, en millilitres, de la partie aliquote (7.3.4);

V_t est le volume, en millilitres, de la solution d'essai développée de la coloration (7.3.4);

m est la masse, en grammes, de la prise d'essai (7.1).

8.2 Fidélité

L'essai planifié de cette méthode a été effectué par 15 laboratoires à 5 niveaux de silicium, chaque laboratoire faisant 3 dosages de silicium à chaque niveau.

Les résultats obtenus ont été traités statistiquement conformément à l'ISO 5725 (voir notes 1, 2 et 3).

Les données obtenues n'ont pas indiqué la relation systématique entre la teneur en silicium et la répétabilité r ou la reproductibilité (R_w et R). Les valeurs typiques sont 0,004 % (m/m) Si pour la répétabilité r , 0,005 % (m/m) Si pour la reproductibilité R_w intralaboratoire et 0,006 % (m/m) Si pour la reproductibilité R .

Les échantillons d'essai utilisés et les résultats d'essai obtenus sur les échantillons sont résumés dans l'annexe.

NOTES

1 Deux des trois dosages ont été effectués dans les conditions de répétabilité définies dans l'ISO 5725, c'est-à-dire un opérateur, le

même appareillage, les conditions opératoires identiques (même étalonnage) et une période de temps minimale.

2 Le troisième dosage a été effectué à un moment différent (jour différent) par le même opérateur qu'en note 1 ci-dessus, en utilisant le même appareillage avec un nouvel étalonnage.

3 À partir des valeurs obtenues au 1^{er} jour, la répétabilité r et la reproductibilité R ont été calculées selon la modalité spécifiée dans l'ISO 5725. À partir de la 1^{re} valeur obtenue au 1^{er} jour et la valeur obtenue au 2^e jour, la reproductibilité R_w intralaboratoire a été calculée.

9 Procès-verbal d'essai

Le procès-verbal d'essai doit contenir les indications suivantes:

- a) tous les renseignements nécessaires à l'identification de l'échantillon, le laboratoire et la date de l'analyse;
- b) la méthode employée, par référence à la présente Norme internationale;
- c) les résultats obtenus, ainsi que la forme sous laquelle ils sont exprimés;
- d) le compte rendu de tous détails particuliers éventuellement relevés au cours de dosage;
- e) le compte rendu de toutes opérations non prévues dans la présente Norme internationale, ou de toutes opérations facultatives qui ont pu avoir une influence sur le résultat.

iTeh STANDARD PREVIEW (standards.iteh.ai)

[ISO 4829-2:1988](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/7b3687c6-d1d2-48ee-ad28-cf7330245491/iso-4829-2-1988)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/7b3687c6-d1d2-48ee-ad28-cf7330245491/iso-4829-2-1988>

Annexe

Renseignements supplémentaires sur les essais coopératifs internationaux

(Cette annexe ne fait pas partie intégrante de la norme.)

Le tableau 2 a été établi à partir des résultats des essais analytiques internationaux effectués en 1985 sur cinq échantillons d'acier dans sept pays comprenant 15 laboratoires. Les résultats des essais ont été indiqués dans le rapport N 655 publié par l'ISO/TC 17/SC 1 en mars 1986.

Tableau 2

Échantillon	Silicium, % (m/m)			
	Teneur	<i>r</i>	<i>R_w</i>	<i>R</i>
ECRM 085-1 (Acier de décolletage au S de 0,3 %)	0,008	0,002 0	0,002 8	0,005 1
ECRM 285-1 (Acier au Co de 9 %, au Mo de 5 %, au Ni de 18 %, au Ti de 0,7 %)	0,015	0,002 2	0,005 7	0,007 2
JSS 023-5 (Acier non allié)	0,024	0,004 5	0,005 3	0,005 2
BCS 432/1 (Acier non allié)	0,043	0,006 0	0,007 0	0,009 8
BCS 452/1 (Acier au Mn de 1,3 %)	0,055	0,003 8	0,003 2	0,003 8

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

[ISO 4829-2:1988](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/7b3687c6-d1d2-48ee-ad28-cf7330245491/iso-4829-2-1988)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/7b3687c6-d1d2-48ee-ad28-cf7330245491/iso-4829-2-1988>

CDU 669.1 : 543.42 : 546.28

Descripteurs : acier, fer, analyse chimique, dosage, silicium, méthode spectrophotométrique.

Prix basé sur 5 pages
