
Norme internationale



4829/1

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

**Aciers et fontes — Dosage du silicium total — Méthode spectrophotométrique au molybdosilicate réduit —
Partie 1 : Teneurs en silicium entre 0,05 et 1,0 %**

*Steel and cast iron — Determination of total silicon content — Reduced molybdosilicate spectrophotometric method —
Part 1 : Silicon contents between 0,05 and 1,0 %*

ITeH STANDARD PREVIEW

Première édition — 1986-12-01

(standards.iteh.ai)

[ISO 4829-1:1986](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/6873c8c7-7d8a-44d3-96f6-2959702c5a3e/iso-4829-1-1986)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/6873c8c7-7d8a-44d3-96f6-2959702c5a3e/iso-4829-1-1986>

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 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.

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 4829/1 a été élaborée par le comité technique ISO/TC 17, *Acier*.

[ISO 4829-1:1986](#)

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.

Aciers et fontes — Dosage du silicium total — Méthode spectrophotométrique au molybdosilicate réduit — Partie 1 : Teneurs en silicium entre 0,05 et 1,0 %

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 0,05 et 1,0 % (*m/m*) dans les aciers et les fontes solubles dans l'un ou l'autre des mélanges d'acide alternatifs.

2 Référence

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

3 Principe

Dissolution d'une prise d'essai dans un mélange d'acide approprié à la composition de l'alliage.

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

Formation du molybdosilicate oxydé (jaune) dans une solution d'acide faible.

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 et de l'eau distillée ou de pureté équivalente.

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 5 µg/g.

4.2 Peroxyde de sodium, dimension granulaire – 500 µm.

4.3 Acide nitrique.

Ajouter lentement 150 ml d'acide nitrique, ρ 1,40 g/ml environ, à 600 ml d'eau. Refroidir, diluer à 1 000 ml et homogénéiser.

4.4 Acide sulfurique.

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.

4.5 Acide sulfurique.

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.

4.6 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.

4.7 Mélange d'acide sulfurique/acide nitrique.

À 500 ml d'eau, ajouter avec soin et en agitant 35 ml d'acide sulfurique, ρ 1,84 g/ml environ, et 45 ml d'acide nitrique, ρ 1,40 g/ml environ. Refroidir, diluer à 1 000 ml et homogénéiser.

4.8 Acide ascorbique, solution à 20 g/l.

Préparer cette solution immédiatement avant l'emploi.

4.9 Acide oxalique, solution.

Dissoudre 5 g d'acide oxalique dihydraté (C₂H₂O₄·2H₂O) dans de l'eau, diluer à 100 ml et homogénéiser.

4.10 Peroxyde d'hydrogène.

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

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

Filtrer avant l'emploi.

4.12 Molybdate de sodium, solution.

Dissoudre 2,5 g de molybdate de sodium dihydraté ($\text{Na}_2\text{MoO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) dans 50 ml d'eau et filtrer sur un papier filtre de texture moyenne. Immédiatement avant l'emploi, ajouter 15 ml d'acide sulfurique (4.5), diluer à 100 ml et homogénéiser.

4.13 Silicium, solution étalon.**4.13.1 Silicium, solution mère correspondant à 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) (voir note 1) et transvaser dans un creuset en platine. Mélanger parfaitement avec 16 g de carbonate de sodium anhydre et faire une fusion à la température de 1 050 °C pendant 30 min. Extraire le produit de la fusion par 100 ml d'eau dans un bécher en polypropylène ou en polytétrafluoroéthylène (voir note 2). 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.

4.13.2 Silicium, solution étalon correspondant à 200 mg de Si par litre.

Transvaser 50 ml de la solution mère de silicium (4.13.1) dans une fiole jaugée de 250 ml. Compléter au volume et homogénéiser. Transvaser immédiatement dans une bouteille en polytétrafluoroéthylène convenablement bouchée pour le stockage.

1 ml de cette solution étalon contient 200 µg de Si.

NOTES

1 La silice de haute pureté doit être calcinée pendant 1 h à la température de 1 100 °C et être refroidie dans un dessiccateur immédiatement avant l'emploi.

2 L'extraction du produit de la fusion peut exiger la dissolution prolongée dans de l'eau par chauffage léger.

5 Appareillage

Matériel courant de laboratoire, et

5.1 Bêchers, en polypropylène ou en polytétrafluoroéthylène de 250 ml.**5.2 Creusets métalliques, en zirconium, de 50 ml (voir la note).**

NOTE — Les creusets en alumine agglomérée peuvent être utilisés à la place des creusets métalliques en zirconium.

5.3 Spectrophotomètre

Le spectrophotomètre doit être muni d'un système de mesurage 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 quelle que soit la méthode d'étalonnage convenable adoptée. La mesure d'absorption, exprimée en valeur relative de l'écart, doit être égale ou supérieure à $\pm 0,3$ % pour une solution d'absorbance maximale.

6 Échantillonnage

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

7 Mode opératoire**7.1 Prise d'essai**

Peser, à 0,001 g 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) (voir la note).

NOTE — Le fer pur se dissout très lentement dans le mélange d'acide sulfurique/acide nitrique (4.7). Il peut être dissous dans 85 ml d'acide sulfurique (4.5) suivi de 35 ml d'acide nitrique (4.3).

7.3 Dosage**7.3.1 Dissolution de la prise d'essai**

Transvaser la prise d'essai (7.1) dans un bécher en polypropylène ou en polytétrafluoroéthylène de 250 ml (5.1), ajouter 120 ml du mélange acide sulfurique/acide nitrique (4.7) et chauffer doucement pour dissoudre la prise d'essai (voir notes 1 et 2).

Lorsque la dissolution est terminée, filtrer la solution sur un papier filtre 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 7.3.3 (voir note 3).

NOTES

1 La prise d'essai peut être dissoute dans 85 ml d'acide sulfurique (4.5) suivi de 35 ml d'acide nitrique (4.3).

2 Pour les prises d'essai insolubles dans le mélange acide sulfurique/acide nitrique (4.7), utiliser à la place 85 ml du mélange acide chlorhydrique/acide nitrique (4.6).

3 S'il n'est demandé que le silicium soluble dans l'acide, poursuivre directement selon 7.3.3, mais la méthode pour le silicium soluble dans l'acide est insatisfaisante parce que différentes valeurs peuvent être obtenues pour certains métaux selon le temps de dissolution.

7.3.2 Traitement du résidu insoluble

Transvaser le papier 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 (4.2) 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 (4.5), 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 au filtrat.

7.3.3 Préparation de la solution d'essai

Diluer les solutions obtenues en 7.3.1 ou 7.3.2 à environ 300 ml et refroidir. Ajouter 5 ml de la solution de permanganate de potassium (4.11), puis si nécessaire, en ajouter, goutte à goutte, jusqu'à ce que la coloration rose persiste pendant au moins 1 min. Chauffer à l'ébullition et faire bouillir doucement pendant 2 min. Si nécessaire, ajouter goutte à goutte du peroxyde d'hydrogène (4.10) jusqu'à ce que le précipité de dioxyde de manganèse soit dissous et maintenir à douce ébullition pendant 5 min. Refroidir, transvaser dans une fiole jaugée de 1 000 ml, compléter au volume et homogénéiser.

7.3.4 Développement de la coloration

Prélever à la pipette deux parties aliquotes de 20 ml de chaque solution d'essai (7.3.3) (voir la note) et de la solution d'essai à blanc (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.

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 de réactif.

a) Solution d'essai — Ajouter, dans l'ordre suivant, en agitant après chaque addition :

- 10,0 ml de la solution de molybdate de sodium (4.12) et laisser reposer pendant 20 min;
- 5,0 ml de l'acide sulfurique (4.4);
- 5,0 ml de la solution d'acide oxalique (4.9);
- immédiatement, 5,0 ml de la solution d'acide ascorbique (4.8).

b) Solution de compensation — Ajouter, dans l'ordre suivant, en agitant après chaque addition :

- 5,0 ml de l'acide sulfurique (4.4);

- 5,0 ml de la solution d'acide oxalique (4.9);
- 10,0 ml de la solution de molybdate de sodium (4.12);
- immédiatement, 5,0 ml de la solution d'acide ascorbique (4.8).

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.

NOTE — Les solutions d'échantillons 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 à texture serrée dans un récipient sec. Jeter les premiers millilitres.

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 longueur adéquate de parcours optique (voir tableau 1), 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 (g Si/l)⁻¹ cm⁻¹.

7.4 Établissement de la courbe d'étalonnage

7.4.1 Préparation des solutions d'étalonnage

Transvaser 0,50 ± 0,01 g de fer pur (4.1) dans des béchers en polypropylène ou en polytétrafluoroéthylène de 250 ml (5.1) et dissoudre conformément aux 7.3.1 et 7.3.2 (voir note en 7.2).

Ajouter exactement les volumes mesurés de la solution étalon de silicium (4.13.2) afin d'obtenir les séries de solutions d'étalonnage pour chaque étendue de teneur en silicium indiquée dans le tableau 1.

Poursuivre le traitement des séries de solutions d'étalonnage comme indiqué en 7.3.3 et 7.3.4. Une seule solution de compensation suffit pour chaque étendue d'étalonnage.

Laisser reposer chaque solution d'étalonnage avec la solution de compensation pendant 30 min.

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 longueur adéquate de parcours optique (voir tableau 1) en employant l'eau comme milieu de référence.

Tableau 1

Teneur en silicium % (m/m)	Solution étalon de silicium (4.13.2) ml	Masse correspondante de silicium µg	Concentration de sili- cium dans une partie aliquote après dévelop- pement de la coloration µg/ml	Cuve parcours optique cm
0,05 à 0,10	0,00	0	0,00	2 ou 4
	0,50	100	0,04	
	1,00	200	0,08	
	1,50	300	0,12	
	2,00	400	0,16	
	2,50	500	0,20	
0,10 à 0,50	0,00	0	0,00	2
	2,50	500	0,20	
	5,00	1 000	0,40	
	7,50	1 500	0,60	
	10,00	2 000	0,80	
	12,50	2 500	1,00	
0,50 à 1,00	0,00	0	0,00	1
	10,00	2 000	0,80	
	15,00	3 000	1,20	
	20,00	4 000	1,60	
	25,00	5 000	2,00	

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

Soustraire l'absorbance de la solution de compensation de l'absorbance de chaque solution d'étalonnage. Puis, obtenir la valeur de l'absorbance nette par soustraction de l'absorbance corrigée de chaque solution de silicium au terme zéro de l'absorbance corrigée de chaque solution d'étalonnage.

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

$$(e_{Si1} - e_{Si0}) \times \frac{1}{10^6} \times \frac{1}{d} \times \frac{V_0}{V_1} \times \frac{V_t}{m} \times 100$$

$$= (e_{Si1} - e_{Si0}) \times \frac{1}{10^6} \times \frac{1}{d} \times \frac{1\ 000}{20} \times \frac{50}{m} \times 100$$

$$= (e_{Si1} - e_{Si0}) \frac{1}{4dm}$$

où

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

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

d est la longueur, en centimètres, de parcours optique de la cuve utilisée pour les mesurages;

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).

7.4.3 Tracé de la courbe d'étalonnage et calcul du coefficient angulaire α

Préparer la courbe d'étalonnage par traçage de la valeur de l'absorbance nette convertie au mesurage en cuve de 1 cm de parcours optique par rapport aux concentrations de silicium, exprimées en microgrammes par millilitre, dans les solutions mesurées.

Calculer le coefficient angulaire α de la pente de la courbe d'étalonnage, si celle-ci est une ligne droite.

8 Expression des résultats

8.1 Méthode de calcul

8.1.1 Cas où la courbe d'étalonnage n'est pas une ligne droite

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 millilitre.

8.1.2 Cas où la courbe d'étalonnage est une ligne droite

$$\begin{aligned} & \frac{A_1 - A_0}{a} \times \frac{1}{10^6} \times \frac{1}{d} \times \frac{V_0}{V_1} \times \frac{V_t}{m} \times 100 \\ &= \frac{A_1 - A_0}{a} \times \frac{1}{10^6} \times \frac{1}{d} \times \frac{1\,000}{20} \times \frac{50}{m} \times 100 \\ &= \frac{A_1 - A_0}{4adm} \end{aligned}$$

où

A_0 est l'absorbance corrigée nette de la solution à blanc (7.3.5);

A_1 est l'absorbance corrigée de la solution de prise d'essai;

a est le coefficient angulaire ou l'absorbance, par microgramme de silicium par millilitre, d'une solution mesurée par un parcours optique de 1 cm;

d est la longueur, en centimètres, de parcours optique de la cuve utilisée pour les mesurages;

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 18 laboratoires à 10 niveaux de silicium, chaque laboratoire faisant 4 dosages de silicium à chaque niveau.

Les échantillons d'essai utilisés sont indiqués dans l'annexe A.

Les résultats obtenus ont été traités statistiquement conformément à l'ISO 5725, *Fidélité des méthodes d'essai — Détermination de la répétabilité et de la reproductibilité par essais inter-laboratoires.*

Les données obtenues ont indiqué la relation logarithmique entre la teneur en silicium, la répétabilité et la reproductibilité des résultats d'essai, comme résumé dans le tableau 2. La présentation graphique de la figure est indiquée dans l'annexe B.

Tableau 2

Niveau de silicium % (m/m)	Répétabilité r	Reproductibilité R
0,05	0,004	0,008
0,1	0,006	0,012
0,2	0,009	0,018
0,5	0,015	0,032
1,0	0,023	0,049

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 du 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.

ITC STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)
ISO 4829-1:1986
https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/6875c0c7-768a-44d5-9686-2959702c5a3e/iso-4829-1-1986

Annexe A

Renseignements supplémentaires sur les essais coopératifs internationaux

(Ne fait pas partie intégrante de la présente Norme internationale.)

Le tableau 2 de 8.2 a été établi à partir des résultats des essais analytiques internationaux exécutés en 1983 sur un échantillon de fer et neuf échantillons d'acier dans les sept pays comprenant dix-huit laboratoires.

Les résultats des essais ont été indiqués dans le rapport publié par l'ISO/TC 17/SC 1 en avril 1984. Le traitement graphique des données sur la fidélité est donné dans l'annexe B.

Les échantillons d'essai utilisés sont indiqués au tableau 3.

Tableau 3

Échantillon	Teneurs en silicium % (m/m)
ECRM 085 — 1 Acier de décolletage au S de 0,3 %	0,008
JSS 023 — 5 Acier non allié	0,024
BCS 452/1 Acier au manganèse de 1,30 %	0,055
ECRM 020 — 1 Acier non allié	0,072
ECRM 081 — 1 Acier non allié	0,105
ECRM 254 — 1 Acier au W de 7 %, au Mo de 5 % au V de 2 %, au Cr de 5 %	0,19-
ECRM 077 — 2 Acier au manganèse de 1,25 %	0,293
ECRM 277 — 1 Acier au Cr de 18 %, au Ni de 10 %	0,417
ECRM 484 — 1 Fonte malléable blanche	0,717
ECRM 276 — 1 Acier au Cr de 5 %, au Mo de 1,5 %, au V de 0,5 %	0,985

NOTES

- 1 Les analyses statistiques ont été effectuées conformément à l'ISO 5725.
- 2 Dix échantillons ont été utilisés pour les essais coopératifs. Mais comme la méthode est applicable à une teneur en silicium comprise entre 0,05 et 1,0 % (m/m), seuls huit points ont été illustrés sur la figure de l'annexe B, les données des échantillons ECRM 085-1 et JSS 023-5 ayant été négligées.

Annexe B

Représentation graphique des données de fidélité

(Ne fait pas partie intégrante de la présente Norme internationale.)

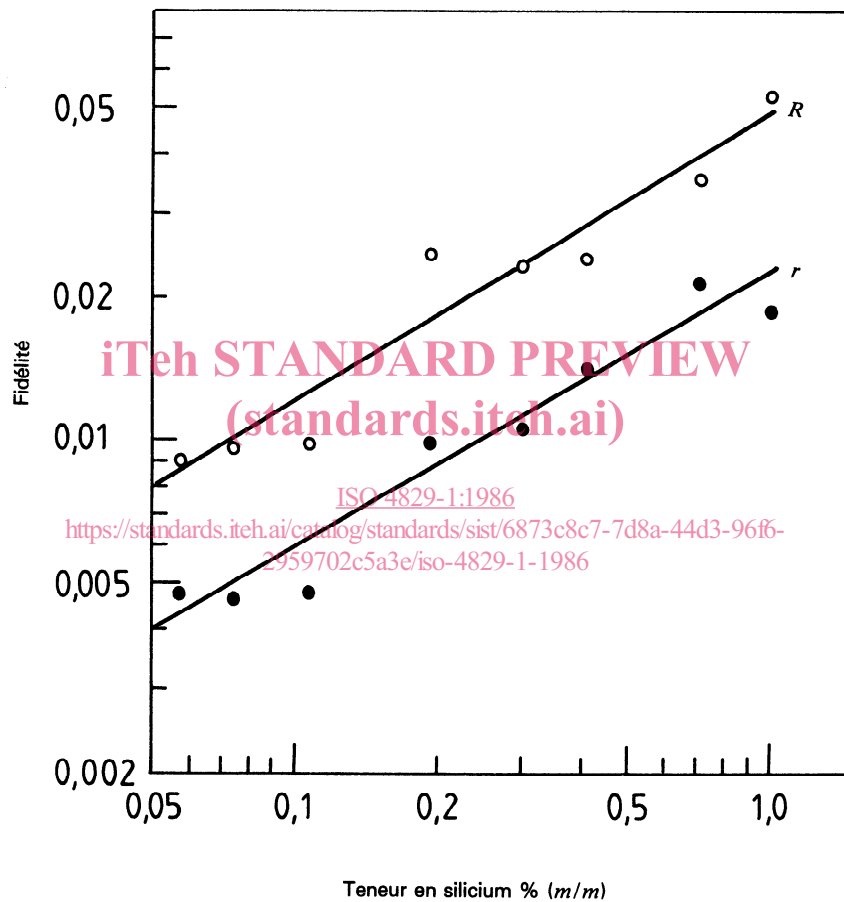


Figure — Relation entre la teneur en silicium et la répétabilité, r ou la reproductibilité, R