

NORME
INTERNATIONALE

ISO
9388

Première édition
1992-08-15

**Alliages de nickel — Dosage du phosphore —
Méthode par spectrométrie d'absorption
moléculaire au bleu de molybdène**

iTeh STANDARD PREVIEW

(standards.iteh.ai)
*Nickel alloys — Determination of phosphorus content — Molybdenum
blue molecular absorption spectrometric method*

ISO 9388:1992

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/870fa1ef-02ff-4483-a2c5-73e757e2fd28/iso-9388-1992>



Numéro de référence
ISO 9388:1992(F)

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 vote. Leur publication comme Normes internationales requiert l'approbation de 75 % au moins des comités membres votants.

La Norme internationale ISO 9388 a été élaborée par le comité technique ISO/TC 155, *Nickel et alliages de nickel*, sous-comité SC 4, *Analyse des alliages de nickel*.

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/870fa1ef-02ff-4483-a2c5-73e757e2fd28/iso-9388-1992>

L'annexe A de la présente Norme internationale est donnée uniquement à titre d'information.

© ISO 1992

Droits de reproduction réservés. 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'éditeur.

Organisation internationale de normalisation
Case Postale 56 • CH-1211 Genève 20 • Suisse

Imprimé en Suisse

Alliages de nickel — Dosage du phosphore — Méthode par spectrométrie d'absorption moléculaire au bleu de molybdène

1 Domaine d'application

La présente Norme internationale prescrit une méthode par spectrométrie d'absorption moléculaire pour le dosage du phosphore à des teneurs comprises entre 0,001 % (m/m) et 0,025 % (m/m) dans les alliages de nickel. Les compositions types de certains alliages de nickel figurent dans l'annexe A.

Le chrome(III) et la silice provoquent des interférences et sont éliminés dans la procédure. Voir article 9.

2 Références normatives

Les normes suivantes contiennent des dispositions qui, par suite de la référence qui en est faite, constituent des dispositions valables pour la présente Norme internationale. Au moment de la publication, les éditions indiquées étaient en vigueur. Toute norme est sujette à révision et les parties prenantes des accords fondés sur la présente Norme internationale sont invitées à rechercher la possibilité d'appliquer les éditions les plus récentes des normes indiquées ci-après. Les membres de la CEI et de l'ISO possèdent le registre des Normes internationales en vigueur à un moment donné.

ISO 1042:1983, *Verrerie de laboratoire — Fioles jaugées à un trait*.

ISO 5725:1986, *Fidélité des méthodes d'essai — Détermination de la répétabilité et de la reproductibilité d'une méthode d'essai normalisée par essais interlaboratoires*.

3 Principe

Mise en solution d'une prise d'essai dans un mélange d'acide chlorhydrique et nitrique; élimination de l'acide chlorhydrique par fumée à l'acide sulfurique et oxydation du chrome(III) en chrome(VI) par peroxydisulfate d'ammonium.

Précipitation du phosphate de fer(III) et redissolution du précipité dans un mélange d'acides fluorhydrique et nitrique.

Addition d'acides borique, tartrique et sulfamique pour complexer le fluorure libre, éliminer l'interférence à l'arsenic et éliminer les oxydes d'azote.

Formation et extraction d'acide molybdophosphorique par l'alcool isobutylique, réduction de l'hétéropolyacide en bleu de molybdène et réextraction en phase aqueuse.

Mesure de l'absorbance de la solution aqueuse à 700 nm et détermination de la masse de phosphore par une courbe d'étalonnage.

4 Réactifs

Au cours de l'analyse, et sauf indication contraire, utiliser uniquement des réactifs de qualité analytique reconnue et de l'eau distillée ou de pureté équivalente.

4.1 Mélange d'acide nitrique et d'acide chlorhydrique.

ATTENTION — Ce mélange d'acides est très corrosif et instable. Des gaz toxiques (chlore) sont libérés. Il doit être préparé sous une hotte et ne doit pas être conservé dans des flacons fermés.

Mélanger avec soin 25 ml d'acide nitrique ($\rho_{20} = 1,41$ g/ml) et 125 ml d'acide chlorhydrique ($\rho_{20} = 1,18$ g/ml). Ce mélange n'est pas stable et doit être préparé juste avant utilisation.

4.2 Acide fluorhydrique, $\rho_{20} = 1,15$ g/ml [48 % (m/m) HF].

ATTENTION — L'acide fluorhydrique est extrêmement irritant et corrosif pour la peau et les muqueuses et entraîne de sévères brûlures de la

peau qui sont lentes à guérir. En cas de contact avec la peau, bien laver à l'eau et consulter un médecin.

4.3 Acide sulfurique, $\rho_{20} = 1,84$ g/ml dilué (1 + 1).

4.4 Acide borique, solution.

Dissoudre 40 g d'acide borique (H_3BO_3) dans 1 litre d'eau.

4.5 Acide oxalique, solution.

Dissoudre 1 g d'acide oxalique dihydraté $[(COOH)_2 \cdot 2H_2O]$ dans 100 ml d'eau.

4.6 Acide sulfamique, solution.

Dissoudre 5 g d'acide sulfamique (NH_2SO_3H) dans 100 ml d'eau.

4.7 Acide tartrique, solution.

Dissoudre 10 g d'acide tartrique ($CHOH \cdot COOH$)₂ dans 100 ml d'eau.

4.8 Chloroforme, ($CHCl_3$).

4.9 Alcool isobutylique (méthyl-2-propanol-1), $[(CH_3)_2CH \cdot CH_2OH]$.

4.10 Ammoniaque, $\rho_{20} = 0,89$ g/ml.

4.11 Nitrate d'ammonium, solution.

Dissoudre 5 g de nitrate d'ammonium (NH_4NO_3) dans 500 ml d'eau.

4.12 Peroxydisulfate d'ammonium, solution.

Dissoudre 20 g de peroxydisulfate d'ammonium $[(NH_4)_2S_2O_8]$ dans de l'eau et diluer à 200 ml. À préparer fraîchement tous les trois jours.

4.13 Nitrate de fer(III), solution.

Dissoudre 7,2 g de nitrate de fer(III) nonahydraté $[Fe(NO_3)_3 \cdot 9H_2O]$ dans de l'eau contenant 3 ml d'acide nitrique ($\rho_{20} = 1,41$ g/ml) et diluer à 100 ml d'eau.

4.14 Nitrate d'argent, solution.

Dissoudre 3 g de nitrate d'argent ($AgNO_3$) dans 200 ml d'eau. Conserver dans un flacon en verre brun.

4.15 Molybdate de sodium, solution.

Dissoudre 10 g de molybdate de sodium dihydraté ($Na_2MoO_4 \cdot 2H_2O$) et 8 g d'hydroxyde de sodium ($NaOH$) dans 200 ml d'eau.

4.16 Solution chlorhydrique de lavage.

Dissoudre 23 g de chlorure de sodium ($NaCl$) dans l'eau, ajouter 50 ml d'acide chlorhydrique ($\rho_{20} = 1,18$ g/ml) et diluer à environ 900 ml. Ajouter 60 ml d'alcool isobutylique (4.9) et remuer pour dissoudre. Diluer à 1 litre.

4.17 Solution réductrice.

4.17.1 Dissoudre 10 g de chlorure stanneux dihydraté ($SnCl_2 \cdot 2H_2O$) dans 25 ml d'acide chlorhydrique ($\rho_{20} = 1,18$ g/ml) et chauffer jusqu'à dissolution. Refroidir à température ambiante et diluer à 50 ml avec de l'eau. La solution est stable au maximum une semaine, si elle est conservée dans une fiole bouchée.

4.17.2 Transférer 5 ml de cette solution dans une fiole jaugée de 250 ml, ajouter 10 ml d'acide sulfurique (4.3), diluer au volume avec de l'eau et homogénéiser. Préparer fraîchement tous les jours.

4.18 Phosphore, solution étalon de référence (100 mg/l).

Transférer exactement 0,439 4 g de phosphate de potassium dihydrogène (KH_2PO_4) dans une fiole jaugée à un trait de 1 000 ml, ajouter 100 ml d'eau et 5 ml d'acide nitrique ($\rho_{20} = 1,41$ g/ml) dilué (1 + 1). Remuer pour dissoudre le sel, diluer au volume avec de l'eau et homogénéiser.

5 Appareillage

Verrerie ordinaire de laboratoire et

5.1 Bêchers en plastique, de capacité 250 ml et utilisables à 150 °C. Les polymères polyméthylpentane ou carbone fluoré ont été jugés satisfaisants.

5.2 Entonnoirs de filtration en plastique.

5.3 Entonnoirs de décantation, de 125 ml. Deux entonnoirs sont nécessaires pour l'analyse de chaque échantillon. Des robinets d'arrêt en polytétrafluoroéthylène et des bouchons en plastique sont préférables.

5.4 Fioles jaugées, satisfaisant aux prescriptions de l'ISO 1042, classe A.

5.5 Micropipettes mécaniques, de capacité 100 μ l, 250 μ l et 500 μ l.

5.6 Spectromètre d'absorption moléculaire, permettant de mesurer l'absorbance à 700 nm et équipé de cuves optiques en verre d'épaisseur 1 cm ou 2 cm.

6 Prélèvement et préparation des échantillons

6.1 Le prélèvement et la préparation de l'échantillon pour laboratoire doivent s'effectuer suivant les méthodes normales acceptées ou, en cas de litige, par une méthode figurant dans la Norme internationale correspondante.

6.2 L'échantillon pour laboratoire prend normalement la forme de copeaux de meulage ou de perçage sans autre préparation subsidiaire.

6.3 Si l'on pense que l'échantillon pour laboratoire a pu être contaminé par de l'huile ou de la graisse pendant le meulage ou le perçage, on doit le nettoyer par lavage à l'acétone très pur, puis le sécher à l'air.

6.4 Si l'échantillon pour laboratoire contient des particules ou des morceaux de tailles très différentes, la prise d'essai devra être obtenue par la méthode du diviseur à lames.

7 Mode opératoire

7.1 Prise d'essai et préparation de la solution d'essai

7.1.1 Peser une prise d'essai contenant entre 3 µg et 50 µg de phosphore suivant le tableau 1, et la transvaser dans un bécher en verre de 150 ml.

Tableau 1 — Masse de l'échantillon à prélever pour l'analyse

Teneur présumée en phosphore % (m/m)	Masse de l'échantillon g	Justesse du pesage g
0,001 à 0,01	0,29 à 0,31	0,005
0,01 à 0,025	0,19 à 0,21	0,002

7.1.2 Ajouter 7 ml de mélange d'acides (4.1), couvrir le bécher et chauffer. Éloigner de la source de chaleur et laisser la réaction se dérouler et se calmer. Chauffer encore pour finir la dissolution.

7.1.3 Ajouter 5 ml d'acide sulfurique (4.3) et évaporer jusqu'à fumées denses. Ne pas évaporer à sec. Refroidir à la température ambiante et dissoudre les sels dans 5 ml d'acide nitrique ($\rho_{20} = 1,41$ g/ml) et 30 ml d'eau. Transférer la solution, qui peut contenir des produits hydrolysés des métaux réfractaires, dans un bécher de 400 ml. Utiliser un policeman en caoutchouc si nécessaire.

NOTE 1 Généralement, la dissolution est rapide et il n'est pas nécessaire de beaucoup chauffer. Certains alliages, notamment ceux qui contiennent une forte teneur en cuivre, sont mieux dissous dans 7 ml d'acide nitrique ($\rho_{20} = 1,41$ g/ml) dilué (1 + 1). Dans ce cas, omettre le paragraphe 7.1.3 et procéder comme indiqué en 7.2.

7.2 Séparation du chrome

7.2.1 Diluer la solution à 150 ml, ajouter 3 ml de solution de nitrate de fer(III) (4.13) et chauffer jusqu'à l'ébullition. Ajouter 10 ml de solution de nitrate d'argent (4.14) et 30 ml de solution de peroxydisulfate d'ammonium (4.12). Faire bouillir le mélange pendant 10 min à 15 min pour décomposer l'oxydant en excès. Diluer à 250 ml et ajouter, en remuant, de l'ammoniaque (4.10) jusqu'à obtenir un précipité permanent d'hydroxyde de fer(III). Ajouter 15 ml d'ammoniaque en excès et laisser reposer le mélange chaud pendant 15 min. Filtrer le précipité avec un papier filtre rapide contenant de la pulpe de papier mouillée. Laver le précipité et filtrer d'une façon totale avec une solution de nitrate d'ammonium (4.11) jusqu'à ce que toute la couleur due aux ions chrome(VI) ait disparue.

7.2.2 Transférer le filtre avec le précipité dans un bécher en plastique (5.1) contenant 2 ml d'acide fluorhydrique (4.2). Laver le bécher de précipitation avec 10 ml d'acide nitrique ($\rho_{20} = 1,41$ g/ml) dilué (1 + 1) et ajouter dans le bécher en plastique. Chauffer avec précaution pour dissoudre le précipité et désagréger le filtre avec un agitateur en plastique. Filtrer avec un filtre de 11 cm de vitesse moyenne dans un bécher en plastique de 100 ml en utilisant un entonnoir en plastique. Laver deux fois avec 5 ml d'eau et ensuite avec 30 ml d'acide borique (4.4). Finir de laver le filtre avec de l'eau de telle manière que le filtrat n'excède pas 60 ml à 70 ml.

NOTE 2 Il est important d'oxyder tout le chrome en chromate avant la précipitation et de laver le précipité et le filtre jusqu'à la disparition totale des chromates. La filtration et le lavage du précipité d'hydroxyde est très rapide en présence de pulpe de papier.

7.3 Extraction de l'acide molybdophosphorique

7.3.1 Transférer le filtrat dans un entonnoir à décantation (5.3) et ajouter 2 ml de solution d'acide tartrique (4.7), 1 ml de solution d'acide sulfamique (4.6) et 10 ml de solution de molybdate de sodium (4.15). Mélanger en faisant tourbillonner, ajouter 20 ml d'alcool isobutylique (4.9) et extraire en agitant vigoureusement pendant 2 min. Laisser les phases se séparer et transférer la phase aqueuse inférieure dans un autre entonnoir à décantation. Ajouter à cette phase 5 ml supplémentaires de molybdate de sodium et répéter l'extraction avec 10 ml d'alcool isobutylique frais. Jeter la phase aqueuse inférieure et combiner les extraits dans le

premier entonnoir à décantation. Éliminer par écoulement la phase aqueuse résiduelle.

7.3.2 Laver les extraits combinés en les remuant pendant 30 s avec 20 ml de solution chlorhydrique de lavage (4.16). Laisser décanter et soutirer la phase inférieure. Répéter le lavage de la phase organique encore deux fois en utilisant à chaque fois 20 ml de la solution de lavage. Rejeter la phase aqueuse de lavage.

7.4 Développement du bleu de molybdène

À l'extrait organique lavé, ajouter, dans l'ordre, 40 ml de chloroforme (4.8), 30 ml d'eau, 10 ml de solution réductrice (4.17.2) et 2 ml de solution d'acide oxalique (4.5). Sans attendre, remuer pendant 1 min. Laisser les phases se séparer et éliminer la phase organique inférieure. Transférer la solution aqueuse bleue dans une fiole jaugée de 100 ml contenant 5 ml d'acide chlorhydrique ($\rho_{20} = 1,18$ g/ml) dilué (1 + 1). Rincer l'entonnoir avec de l'eau et diluer la solution dans la fiole au volume. Mélanger et laisser reposer pendant 20 min au plus.

NOTE 3 Les mélanges ne doivent pas reposer après avoir ajouté la solution réductrice et la solution d'acide oxalique. Procéder sans attendre à la séparation. Un minimum de 20 min est requis pour que la couleur se développe complètement. La solution est alors stable pendant 20 h.

7.5 Mesures spectrométriques

Mesurer l'absorbance de la solution d'essai dans une cuve de 1 cm à une longueur d'onde de 700 nm avec de l'eau en référence. Utiliser des cuves ayant une épaisseur de 2 cm quand les teneurs en phosphore sont à 0,001 % (m/m).

7.6 Essai à blanc

Faire un essai à blanc en suivant le même mode opératoire et en utilisant les mêmes quantités de réactifs et en omettant la portion d'essai.

7.7 Étalonnage

7.7.1 Dans quatre béchers en verre de 400 ml, ajouter, en utilisant une micropipette (5.5), 0 μ l, 100 μ l, 250 μ l et 500 μ l, respectivement, de la solution étalon de référence de phosphore (4.18). Les additions correspondent à 0 μ g, 10 μ g, 25 μ g et 50 μ g de phosphore. Dans chaque bécher, ajouter 5 ml d'acide nitrique ($\rho_{20} = 1,41$ g/ml) et procéder comme indiqué de 7.2 à 7.4.

7.7.2 Mesurer l'absorbance des solutions étalons de phosphore dans des cuves de 1 cm (ou 2 cm) à 700 nm avec la solution «zéro» en référence.

7.7.3 Tracer la courbe des absorbances mesurées, en fonction de la masse, en microgrammes, de phosphore ajouté.

NOTES

4 En faisant l'étalonnage en passant par les étapes précipitation et extraction et en utilisant la solution «zéro» comme référence, le blanc de réactifs utilisés dans l'étalonnage est éliminé. L'absorbance lue correspond donc à la quantité exacte de phosphore ajoutée.

5 Les absorbances lues montrent une relation linéaire et leurs valeurs absolues sont reproductibles sur différents jours pendant une période de plus de trois mois.

7.8 Nombre de dosages

Effectuer le dosage au moins en double.

8 Expression des résultats

8.1 Calcul

8.1.1 Convertir les absorbances lues pour la prise d'essai (voir 7.5) et pour l'essai à blanc (voir 7.6) en microgrammes de phosphore en utilisant la courbe d'étalonnage (voir 7.7.3).

8.1.2 La teneur en phosphore, exprimée en pourcentage de masse, dans la prise d'essai est donnée par la formule

$$\frac{m_1 - m_2}{m_0} \times 10^{-4}$$

où

m_0 est la masse, en grammes, de la prise d'essai (voir 7.1.1);

m_1 est la masse, en microgrammes, de phosphore dans la prise d'essai;

m_2 est la masse, en microgrammes, de phosphore dans l'essai à blanc.

8.2 Fidélité

8.2.1 Essais en laboratoire

Au début, quatorze laboratoires ont participé aux essais interlaboratoires suivant cette méthode. Après des révisions techniques, sept laboratoires dans cinq pays différents ont participé aux deuxièmes essais suivant la présente Norme internationale sur six échantillons dont la composition nominale est donnée au tableau 2. Les échantillons ont été analysés en double sur différents jours.

8.2.2 Analyse statistique

8.2.2.1 Les résultats du programme d'essais inter-laboratoires ont été évalués suivant l'ISO 5725, au moyen des résultats obtenus en double. Les données ont été testées par les tests de Cochran et Dixon de l'ISO 5725 pour détecter les valeurs statistiquement aberrantes éventuelles.

8.2.2.2 Le principe du test de Cochran veut qu'une série de résultats soit aberrante si la variante d'un même laboratoire est trop grande par rapport à celle des autres laboratoires. Le test de Dixon est utilisé si la moyenne d'un laboratoire est trop éloignée de celle des autres laboratoires. Les deux tests sont effectués au niveau de confiance de 95 %.

8.2.2.3 La répétabilité et la reproductibilité ont été calculées suivant les indications de l'ISO 5725 au niveau de confiance de 95 %. Les résultats de l'analyse statistique sont donnés au tableau 3.

8.2.2.4 Un laboratoire a été rejeté pour avoir donné des résultats incomplets et un laboratoire a été éliminé pour l'échantillon 2 par le test de Cochran.

9 Interférences

9.1 Le chrome(III) interfère avec la détermination du phosphore en donnant des récupérations basses. Pour éliminer ces interférences, le chrome(III) est oxydé en chrome(VI) et le phosphore précipité en phosphate de fer(III) en laissant le chrome en solution sous forme d'ion chromate.

9.2 Les interférences de la silice sont éliminées en formant un ion fluorosilicate stable. La formation de fluorocomplexes de titane, de zirconium, de niobium et de tantale prévient leur hydrolyse et la perte de phosphore par adsorption sur les hydroxydes et/ou par formation de phosphate stable. L'acide borique est utilisé pour complexer les ions fluorures libres qui pourraient sinon masquer le molybdate. L'acide tartrique élimine les interférences des traces d'arsenic et l'acide sulfamique fait disparaître les oxydes d'azote.

iTeh STANDARD PREVIEW

(standards.iteh.ai)

Tableau 2 — Composition nominale des échantillons [% (m/m)]

Référence de l'échantillon	Ni	Fe	Cr	Cu	Mo	Nb	Ti
1	64	2	—	33	—	—	—
2	75	10	15	—	—	—	—
3	60	5	22	—	9	4	—
4	55	17	20	—	3	5	—
5	31	45	20	—	0,5	—	0,5
6	42	36	12	—	6	—	3

Tableau 3 — Résultats de l'analyse statistique

Référence de l'échantillon	Moyenne % (m/m)	Écart-type		Répétabilité	Reproductibilité
		intralaboratoire	interlaboratoire		
1	0,014 1	0,000 39	0,000 65	0,001 1	0,002 1
2	0,005 0	0,000 44	0,000 65	0,001 2	0,002 2
3	0,008 2	0,000 51	0,000 87	0,001 4	0,002 8
4	0,014 8	0,000 36	0,000 61	0,001 0	0,002 0
5	0,016 0	0,000 42	0,001 12	0,001 2	0,003 4
6	0,006 0	0,000 61	0,000 60	0,001 7	0,002 4

10 Rapport d'essai

Le rapport d'essai doit contenir les informations suivantes:

- a) la référence de la méthode d'essai utilisée;
- b) les résultats de l'analyse;
- c) le nombre d'essais en double indépendants;
- d) les faits inhabituels relevés au cours de l'analyse;
- e) toutes les opérations ne figurant pas dans la présente Norme internationale, ou considérées comme facultatives.

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO 9388:1992

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/870fa1ef-02ff-4483-a2c5-73e757e2fd28/iso-9388-1992>

Annexe A (informative)

Exemples de composition de certains alliages de nickel

Les exemples de composition figurant dans le tableau A.1 ne doivent pas être interprétés comme des spécifications de compositions chimiques.

Tableau A.1 — Exemples de composition de certains alliages de nickel [% (m/m)]

Alliage ¹⁾	Al	B	C	Co ²⁾	Cr	Cu	Fe	Mn	Mo	Ni	P	S	Si	Ti	Autres
A	---	---	0,30	---	---	28,0 34,0	2,5	2,0	---	63,0 ³⁾	---	0,025	0,5	---	---
B	---	---	0,15	---	14,0 17,0	0,5	6,0 10,0	1,0	---	72,0 ³⁾	---	0,015	0,5	---	---
C	0,4 1,0	---	0,08	---	14,0 17,0	0,5	5,0 9,0	1,0	---	70,0 ³⁾	---	0,015	0,5	2,2 2,8	Nb plus Ta 0,7 à 1,2
D	0,2 0,8	0,006	0,08	---	17,0 21,0	0,3	Le reste	0,4 3,3	2,8 3,3	50,0 55,0	0,015	0,015	0,4	0,6 1,2	Nb plus Ta 4,7 à 5,5
E	0,15 0,60	---	0,10	---	19,0 23,0	0,7	Le reste	1,5	---	30,0 35,0	---	0,015	1,0	0,15 0,60	---
F	---	---	0,08 0,15	5,0	18,0 21,0	0,5	5,0	1,0	---	Le reste ³⁾	---	0,020	1,0	0,2 0,6	Pb 0,005
G	1,0 2,0	0,020	0,13	15,0 21,0	18,0 21,0	0,2	1,5	1,0	---	Le reste	---	0,015	1,0	2,0 3,0	Zr 0,15
H	4,5 4,9	0,003 0,010	0,12 0,17	18,0 22,0	14,0 15,7	0,2	1,0	1,0	4,5 5,5	Le reste	---	0,015	1,0	0,9 1,5	Zr 0,15
I	0,3 0,6	0,005	0,04 0,08	19,0 21,0	19,0 21,0	0,2	0,7	0,6	5,6 6,1	Le reste	---	0,007	0,4	1,9 2,4	Ti plus Al 2,4 à 2,8
J	---	---	0,02	1,0	1,0	---	2,0	1,0	26,0 30,0	Le reste ³⁾	0,040	0,035	0,1	---	---
K	1,2 1,6	0,003 0,010	0,02 0,10	12,0 15,0	18,0 21,0	0,1	2,0	1,0	3,5 5,0	Le reste	0,015	0,015	0,1	2,8 3,3	Zr 0,02 à 0,08
L	---	---	0,02	2,5	14,5 16,5	---	4,0 7,0	1,0	15,0 17,0	Le reste	0,040	0,035	0,08	---	V 0,35 W 3,0 à 4,5

NOTE -- Les valeurs individuelles sont des limites maximales, sauf pour le nickel où ce sont des minimums.

1) On a utilisé des lettres pour les alliages au lieu des appellations commerciales, en attendant la normalisation d'une désignation ISO neutre.

2) Lorsque aucune limite n'est fixée, la teneur maximale en cobalt est de 1,5 % (m/m).

3) Le cobalt compte dans certains alliages comme du nickel.