

NORME ISO  
INTERNATIONALE 17294-2

Troisième édition  
2023-10

---

---

**Qualité de l'eau — Application de la spectrométrie de masse avec plasma à couplage inductif (ICP-MS) —**

**Partie 2:  
Dosage des éléments sélectionnés y compris les isotopes d'uranium**

*Water quality — Application of inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP-MS) —*

*Part 2: Determination of selected elements including uranium isotopes*

[ISO 17294-2:2023](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/ce9c071d-1cf8-4b54-b8f1-1f217d4fb65f/iso-17294-2-2023)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/ce9c071d-1cf8-4b54-b8f1-1f217d4fb65f/iso-17294-2-2023>



Numéro de référence  
ISO 17294-2:2023(F)

© ISO 2023

iTeh Standards  
(<https://standards.iteh.ai>)  
Document Preview

[ISO 17294-2:2023](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/ee9c071d-1cf8-4b54-b8f1-1f217d4fb65f/iso-17294-2-2023)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/ee9c071d-1cf8-4b54-b8f1-1f217d4fb65f/iso-17294-2-2023>



**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 Domaine d'application</b> .....	<b>1</b>
<b>2 Références normatives</b> .....	<b>2</b>
<b>3 Termes, définitions et symboles</b> .....	<b>3</b>
3.1 Termes et définitions .....	3
3.2 Symboles .....	6
<b>4 Principe</b> .....	<b>7</b>
<b>5 Interférences</b> .....	<b>7</b>
5.1 Généralités .....	7
5.2 Interférences spectrales .....	9
5.2.1 Généralités .....	9
5.2.2 Interférences isobariques des éléments .....	9
5.2.3 Interférences polyatomiques .....	9
5.3 Interférences non spectrales .....	10
<b>6 Réactifs</b> .....	<b>11</b>
<b>7 Appareillage</b> .....	<b>15</b>
<b>8 Échantillonnage</b> .....	<b>16</b>
<b>9 Prétraitement de l'échantillon</b> .....	<b>16</b>
9.1 Détermination de la concentration en masse des éléments dissous sans digestion .....	16
9.2 Dosage de la concentration en masse totale après digestion .....	16
<b>10 Mode opératoire</b> .....	<b>17</b>
10.1 Généralités .....	17
10.2 Étalonnage du système ICP-MS .....	18
10.3 Analyse de la solution de matrice pour l'évaluation des facteurs de correction .....	18
10.4 Analyse des échantillons .....	18
<b>11 Calculs</b> .....	<b>18</b>
<b>12 Rapport d'essai</b> .....	<b>19</b>
<b>Annexe A (normative) Dosage de la concentration en masse des isotopes de l'uranium</b> .....	<b>20</b>
<b>Annexe B (informative) Description des matrices des échantillons utilisés pour l'essai interlaboratoires</b> .....	<b>29</b>
<b>Annexe C (informative) Données relatives aux performances</b> .....	<b>32</b>
<b>Bibliographie</b> .....	<b>35</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 147, *Qualité de l'eau*, sous-comité SC 2, *Méthodes physiques, chimiques et biochimiques*, en collaboration avec le comité technique CEN/TC 230, *Analyse de l'eau* du Comité européen de normalisation (CEN), conformément à l'Accord de coopération technique entre l'ISO et le CEN (Accord de Vienne).

Cette troisième édition annule et remplace la deuxième édition (ISO 17294-2:2016), qui a fait l'objet d'une révision technique.

Les principales modifications sont les suivantes:

- concernant l'intégration du mercure lors de la précédente édition, passage du mercure de la catégorie des éléments hydrolysables à la catégorie des éléments non hydrolysables à des fins de conformité avec les autres normes existantes pour le dosage du mercure;
- clarification de l'ajout d'un agent de modification;
- ajout du titane au domaine d'application.

Une liste de toutes les parties de la série ISO 17294 se trouve sur le site web de l'ISO.

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).

# Qualité de l'eau — Application de la spectrométrie de masse avec plasma à couplage inductif (ICP-MS) —

## Partie 2:

## Dosage des éléments sélectionnés y compris les isotopes d'uranium

**AVERTISSEMENT** — Il convient que les utilisateurs du présent document maîtrisent les pratiques courantes de laboratoire. Le présent document ne prétend pas couvrir tous les problèmes de sécurité potentiels associés à son utilisation. Il incombe à l'utilisateur de mettre en place des pratiques de santé et de sécurité appropriées.

**IMPORTANT** — Il est absolument indispensable que les essais menés conformément au présent document le soient par du personnel dûment qualifié.

### 1 Domaine d'application

Le présent document spécifie une méthode de dosage des éléments suivants: aluminium, antimoine, argent, arsenic, baryum, béryllium, bismuth, bore, cadmium, césium, calcium, cérium, chrome, cobalt, cuivre, dysprosium, erbium, étain, fer, gadolinium, gallium, germanium, hafnium, holmium, indium, iridium, lanthane, lithium, lutécium, magnésium, manganèse, mercure, molybdène, néodyme, nickel, or, palladium, phosphore, platine, plomb, potassium, praséodyme, rubidium, rhénium, rhodium, ruthénium, samarium, scandium, sélénium, sodium, strontium, terbium, tellure, thorium, thallium, thulium, titane, tungstène, uranium et ses isotopes, vanadium, yttrium, ytterbium, zinc et zirconium, ainsi que pour le dosage de ces éléments dans l'eau (par exemple l'eau potable, l'eau de surface, l'eau souterraine, les eaux usées et les éluats).

Compte tenu des interférences spécifiques et non spécifiques, ces éléments peuvent être dosés dans l'eau et des minéralisats d'eau et de boues (par exemple des minéralisats d'eau tels que décrits dans l'ISO 15587-1 ou l'ISO 15587-2).

La gamme de travail dépend de la matrice et des interférences rencontrées. Dans l'eau potable et dans les eaux relativement peu polluées, la limite de quantification ( $L_{00}$ ) est comprise entre 0,002 µg/l et 1,0 µg/l pour la plupart des éléments (voir [Tableau 1](#)). Selon l'élément concerné et les exigences spécifiées, la gamme de travail couvre généralement les concentrations comprises entre plusieurs ng/l et plusieurs mg/l.

Les limites de quantification de la plupart des éléments sont influencées par la contamination du blanc et dépendent, dans une large mesure, des installations de traitement de l'air dont dispose le laboratoire, ainsi que de la pureté des réactifs et de la propreté de la verrerie.

La limite inférieure de quantification est plus élevée dans les cas où le dosage est susceptible d'être soumis à des interférences (voir [Article 5](#)) ou en cas d'effets mémoire (voir ISO 17294-1).

Des éléments autres que ceux mentionnés dans le domaine d'application peuvent également être dosés conformément au présent document sous réserve que l'utilisateur du document soit en mesure de valider la méthode convenablement (par exemple, interférences, sensibilité, répétabilité, rendement).

Tableau 1 — Limites de quantification inférieures pour l'eau non polluée

Élément	Isotope sou-vent utilisé	$L_{0Q}^a$ µg/l	Élément	Isotope sou-vent utilisé	$L_{0Q}^a$ µg/l	Élément	Isotope sou-vent utilisé	$L_{0Q}^a$ µg/l
Ag	<sup>107</sup> Ag	0,5	Hf	<sup>178</sup> Hf	0,1	Ru	<sup>102</sup> Ru	0,1
	<sup>109</sup> Ag	0,5	Hg	<sup>202</sup> Hg	0,05	Sb	<sup>121</sup> Sb	0,2
Al	<sup>27</sup> Al	1		<sup>201</sup> Hg	0,1		<sup>123</sup> Sb	0,2
As	<sup>75</sup> As <sup>c</sup>	0,1	Ho	<sup>165</sup> Ho	0,1	Sc	<sup>45</sup> Sc	5
Au	<sup>197</sup> Au	0,5	In	<sup>115</sup> In	0,1	Se	<sup>77</sup> Se <sup>c</sup>	1
B	<sup>10</sup> B	1	Ir	<sup>193</sup> Ir	0,1		<sup>78</sup> Se <sup>c</sup>	0,1
	<sup>11</sup> B	1	K	<sup>39</sup> K <sup>c</sup>	5		<sup>82</sup> Se	1
Ba	<sup>137</sup> Ba	3	La	<sup>139</sup> La	0,1	Sm	<sup>147</sup> Sm	0,1
	<sup>138</sup> Ba	0,5	Li	<sup>6</sup> Li	10	Sn	<sup>118</sup> Sn	1
Be	<sup>9</sup> Be	0,1		<sup>7</sup> Li	1		<sup>120</sup> Sn	1
Bi	<sup>209</sup> Bi	0,5	Lu	<sup>175</sup> Lu	0,1	Sr	<sup>86</sup> Sr	0,5
Ca	<sup>43</sup> Ca	100	Mg	<sup>24</sup> Mg	1		<sup>88</sup> Sr	0,3
	<sup>44</sup> Ca	50		<sup>25</sup> Mg	10	Tb	<sup>159</sup> Tb	0,1
	<sup>40</sup> Ca	10	Mn	<sup>55</sup> Mn	0,1	Te	<sup>126</sup> Te	2
Cd	<sup>111</sup> Cd	0,1	Mo	<sup>95</sup> Mo	0,5	Th	<sup>232</sup> Th	0,1
	<sup>114</sup> Cd	0,5		<sup>98</sup> Mo	0,3	Tl	<sup>203</sup> Tl	0,2
Ce	<sup>140</sup> Ce	0,1	Na	<sup>23</sup> Na	10		<sup>205</sup> Tl	0,1
			Nd	<sup>146</sup> Nd	0,1	Ti	<sup>47</sup> Ti	10
						Ti	<sup>48</sup> Ti	1
			<sup>49</sup> Ti	10				
Co	<sup>59</sup> Co	0,2	Ni	<sup>58</sup> Ni <sup>c</sup>	0,1	Tm	<sup>169</sup> Tm	0,1
Cr	<sup>52</sup> Cr <sup>c</sup>	0,1		<sup>60</sup> Ni	0,1	U	<sup>238</sup> U	0,1
	<sup>53</sup> Cr	5	P	<sup>31</sup> P	5		<sup>235</sup> U	1,10 <sup>-4</sup>
Cs	<sup>133</sup> Cs	0,1	Pb	<sup>206</sup> Pb <sup>b</sup>	0,2	V	<sup>234</sup> U	1,10 <sup>-5</sup>
Cu	<sup>63</sup> Cu	0,1		<sup>207</sup> Pb <sup>b</sup>	0,2		<sup>51</sup> V <sup>c</sup>	0,1
	<sup>65</sup> Cu	0,1		<sup>208</sup> Pb <sup>b</sup>	0,1	W	<sup>182</sup> W	0,3
Dy	<sup>163</sup> Dy	0,1	Pd	<sup>108</sup> Pd	0,5		<sup>184</sup> W	0,3
Er	<sup>166</sup> Er	0,1	Pr	<sup>141</sup> Pr	0,1	Y	<sup>89</sup> Y	0,1
Fe	<sup>56</sup> Fe <sup>c</sup>	5	Pt	<sup>195</sup> Pt	0,5	Yb	<sup>172</sup> Yb	0,2
Ga	<sup>69</sup> Ga	0,3	Rb	<sup>85</sup> Rb	0,1		<sup>174</sup> Yb	0,2
	<sup>71</sup> Ga	0,3	Re	<sup>185</sup> Re	0,1	Zn	<sup>64</sup> Zn	1
Gd	<sup>157</sup> Gd	0,1		<sup>187</sup> Re	0,1		<sup>66</sup> Zn	1
	<sup>158</sup> Gd	0,1	Rh	<sup>103</sup> Rh	0,1		<sup>68</sup> Zn	1
Ge	<sup>74</sup> Ge	0,3	Ru	<sup>101</sup> Ru	0,2	Zr	<sup>90</sup> Zr	0,2

<sup>a</sup> Selon l'instrumentation utilisée, il est possible d'atteindre des limites nettement inférieures.

<sup>b</sup> La valeur pour le plomb (Pb) correspond à la somme des intensités des signaux de <sup>206</sup>Pb, de <sup>207</sup>Pb et de <sup>208</sup>Pb.

<sup>c</sup> Ces limites sont obtenues en utilisant une cellule de collision/réaction.

## 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 5667-1, *Qualité de l'eau — Échantillonnage — Partie 1: Recommandations relatives à la conception des programmes et des techniques d'échantillonnage*

ISO 5667-3, *Qualité de l'eau — Échantillonnage — Partie 3: Conservation et manipulation des échantillons d'eau*

ISO 8466-1, *Qualité de l'eau — Étalonnage et évaluation des méthodes d'analyse — Partie 1: Fonction linéaire d'étalonnage*

ISO 15587-1, *Qualité de l'eau — Digestion pour la détermination de certains éléments dans l'eau — Partie 1: Digestion à l'eau régale*

ISO 15587-2, *Qualité de l'eau — Digestion pour la détermination de certains éléments dans l'eau — Partie 2: Digestion à l'acide nitrique*

ISO/IEC 17025, *Exigences générales concernant la compétence des laboratoires d'étalonnages et d'essais*

ISO 17294-1:2004, *Qualité de l'eau — Application de la spectrométrie de masse avec plasma à couplage inductif (ICP-MS) — Partie 1: Lignes directrices générales*

### 3 Termes, définitions et symboles

#### 3.1 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions donnés dans l'ISO 17294-1 ainsi que les 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/>.

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/ce9c071d-1cf8-4b54-b8f1-1f217d4fb65f/iso-17294-2-2023>

**3.1.1 analyte**

élément à doser

#### 3.1.2

**bruit de fond**

$N_0$

nombre de coups pour une masse donnée dans la solution à blanc

Note 1 à l'article: Le bruit de fond est exprimé en nombre de coups.

#### 3.1.3

**solution d'étalonnage à blanc**

solution préparée de la même manière que la *solution d'étalonnage* (3.1.4), mais en excluant l'*analyte* (3.1.1)

#### 3.1.4

**solution d'étalonnage**

solution utilisée pour étalonner l'instrument, préparée à partir d'une ou plusieurs *solutions mères* (3.1.24) ou à partir d'un étalon certifié

#### 3.1.5

**dosage**

processus complet allant de la préparation de la *solution d'échantillon pour essai* (3.1.26) jusqu'au mesurage et au calcul du *résultat* (3.1.22) final

**3.1.6**  
**incertitude élargie**

$U$

produit de l'incertitude-type,  $u(C)$  par le facteur d'élargissement,  $k$ , avec  $k = 1, 2, \dots$ , comme suit:  
 $U = k \cdot u(C)$

Note 1 à l'article: L'incertitude élargie est exprimée dans l'unité de la grandeur  $C$ .

**3.1.7**  
**limite de détection instrumentale**

$L_{DI}$

plus faible concentration pouvant être détectée avec une probabilité statistique définie en utilisant un instrument exempt de tout contaminant et une *solution d'étalonnage à blanc* (3.1.3)

Note 1 à l'article: La plus petite valeur pouvant être mesurée par l'instrument dans la configuration la plus optimale, correspondant à trois fois l'écart-type obtenu avec dix réplicats du blanc.

Note 2 à l'article: La limite de détection de l'instrument est exprimée en  $\mu\text{g/l}$ .

**3.1.8**  
**limite de quantification instrumentale**

$L_{OQ,ins}$

limite de quantification (3.1.13) exprimée en nombre de coups pour le rapport  $m/z$  choisi, due au blanc et à l'instrument

Note 1 à l'article: La limite de quantification de l'instrument est exprimée en  $\mu\text{g/l}$ .

**3.1.9**  
**facteur de correction de l'étalon interne**

$c_{int}$

correction de l'effet de matrice de l'échantillon lorsqu'un étalon interne est ajouté à l'échantillon

**3.1.10**  
**masse de l'étalon interne**

$m_T$

masse du traceur de dilution isotopique ajouté

Note 1 à l'article: La masse de l'étalon interne est exprimée en  $\mu\text{g}$ .

**3.1.11**  
**échantillon pour laboratoire**

échantillon dans l'état de préparation où il est envoyé au laboratoire et destiné à être utilisé pour un contrôle ou pour des essais

[SOURCE: ISO 6206:1979, 3.2.10]

**3.1.12**  
**limite d'application**

$L_{OA}$

concentration la plus basse ou la plus élevée d'un *analyte* (3.1.1) pouvant être déterminée avec un niveau défini d'exactitude et de *fidélité* (3.1.18)

Note 1 à l'article: La limite d'application est exprimée en  $\mu\text{g/l}$ .

**3.1.13**  
**limite de quantification**

$L_{OQ}$

valeur égale à 10 fois l'écart-type obtenu avec 10 réplicats du blanc

Note 1 à l'article: La limite de quantification est exprimée en  $\mu\text{g/l}$ .

**3.1.14****linéarité**

relation fonctionnelle entre les valeurs indiquées et la teneur

**3.1.15****concentration en masse**

$C$

masse d'*analyte* (3.1.1) par unité de volume de l'échantillon

Note 1 à l'article: La concentration en masse est exprimée en  $\mu\text{g/l}$ .

**3.1.16****concentration en masse de la solution étalon interne**

$C_T$

masse de l'élément étalon interne par unité de volume de la solution étalon interne

**3.1.17****solution d'optimisation**

solution servant à l'étalonnage massique et à l'optimisation des conditions de l'appareillage

EXEMPLE Réglage de la *sensibilité* (3.1.23) maximale pour un taux minimal de formation d'oxyde et pour une formation minimale d'ions doublement chargés.

**3.1.18****fidélité**

étroitesse d'accord entre des *résultats* (3.1.22) d'essai indépendants obtenus sous des conditions stipulées

Note 1 à l'article: La fidélité dépend uniquement de la distribution des erreurs aléatoires et n'a aucune relation avec la valeur vraie ou la valeur spécifiée.

[SOURCE: ISO 5725-1:2023, 3.12, modifié — Les Notes 2 et 3 à l'article ont été supprimées.]

**3.1.19****produit chimique pur**

produit chimique de la plus grande pureté disponible et de stœchiométrie connue, et dont les teneurs en *analyte* (3.1.1) et en contaminants sont connues avec un degré de certitude établi

**3.1.20****répétabilité**

$r$

*fidélité* (3.1.18) sous des conditions de répétabilité

[SOURCE: ISO 5725-1:2023, 3.13, modifié — le symbole " $r$ " a été ajouté et la Note 1 à l'article a été supprimée.]

**3.1.21****reproductibilité**

$R$

*fidélité* (3.1.18) sous des conditions de reproductibilité

[SOURCE: ISO 5725-1:2023, 3.18, modifié — le symbole " $R$ " a été ajouté et les Notes 1 et 2 à l'article ont été supprimées.]

**3.1.22****résultat**

élément obtenu à l'issue d'un mesurage

Note 1 à l'article: Le résultat est généralement calculé en *concentration en masse* ( $C$ ) (3.1.15) et exprimé en  $\mu\text{g/l}$  ou en  $\text{mg/l}$ .

**3.1.23**  
**sensibilité**

$S$   
rapport entre la variation de l'amplitude du signal ( $\Delta I$ ) et la variation correspondante de la concentration de l'*analyte* (3.1.1) ( $\Delta C$ ), exprimé par la [Formule \(1\)](#):

$$S = \frac{\Delta I}{\Delta C} \tag{1}$$

**3.1.24**  
**solution mère**

solution dont la ou les concentrations d'*analyte* (3.1.1) sont connues avec exactitude, préparée à partir de *produits chimiques purs* (3.1.19)

Note 1 à l'article: Les solutions mères sont des matériaux de référence comme expliqué dans le Guide ISO 30.

**3.1.25**  
**échantillon pour essai**

échantillon préparé à partir de l'*échantillon pour laboratoire* (3.1.11), par exemple par broyage ou homogénéisation

**3.1.26**  
**solution d'échantillon pour essai**

solution préparée avec la fraction (prise d'essai) de l'*échantillon pour essai* (3.1.25) suivant les spécifications appropriées, de manière à pouvoir être utilisée pour le mesurage envisagé

Note 1 à l'article: La *concentration en masse de la solution étalon interne* (3.1.16) est exprimée en  $\mu\text{g/l}$ .

**3.2 Symboles**

$K$	facteur d'élargissement	
$N$	nombre de coups brut	
$N_{\text{dl}}$	nombre de coups calculé en utilisant la dilution isotopique	Coups
$N_{\text{net}}$	nombre de coups net ( $N - N_0$ ), $N_{\text{net}} = a \cdot C + b$	Coups
	où	
	$a$ est la pente de la courbe de régression, exprimée en coups. $\mu\text{g}^{-1}\cdot\text{l}$ ;	
	$b$ est l'ordonnée à l'origine de la courbe de régression, exprimée en nombre de coups	
$r$	rapport isotopique mesuré	Coups
$R$	rapport isotopique réel	
$s_{N0}$	écart-type du blanc	
$T$	répartition des isotopes dans la solution étalon de $^{233}\text{U}$ (utilisé pour la dilution isotopique)	
$u(C)$	incertitude-type associée au résultat du mesurage	unité de la grandeur C
$V$	volume de l'échantillon	l
$A$	biais par unité de masse	
$B$	variation du coefficient de fractionnement	

## 4 Principe

Lors de l'application du présent document, il est nécessaire de déterminer, dans chaque cas et en fonction de la plage à étudier, si des conditions additionnelles doivent être spécifiées, et le cas échéant, selon quelle ampleur. Des recommandations sont données dans l'ISO 17294-1.

Le dosage multi-élément d'éléments sélectionnés, y compris les isotopes de l'uranium, par spectrométrie de masse avec plasma à couplage inductif (ICP-MS) se compose des étapes suivantes:

- introduction d'une solution à analyser dans un plasma induit par haute fréquence (par nébulisation pneumatique, par exemple) où les processus de transfert de l'énergie engendrés par le plasma provoquent la désolvatation, la décomposition, l'atomisation et l'ionisation des éléments;
- à titre d'option supplémentaire, la technologie des cellules de collision-réaction peut être mise en œuvre afin de maîtriser plusieurs interférences (voir [5.1](#));
- extraction des ions du plasma par une interface sous vide, à pompage différentiel avec optique ionique intégrée et séparation sur la base de leur rapport masse/charge au moyen d'un spectromètre de masse (un spectromètre quadripolaire, par exemple);
- introduction des ions dans l'unité de séparation des masses (un spectromètre quadripolaire, par exemple) et détection en utilisant généralement un montage à multiplicateur d'électrons à dynode en continu, puis traitement de l'information ionique par un système de traitement des données;
- dosage quantitatif après étalonnage avec des solutions d'étalonnage appropriées.

La relation entre l'intensité du signal et la concentration en masse est généralement linéaire sur un intervalle étendu (habituellement supérieur à plusieurs ordres de grandeur).

La méthode utilisée pour le dosage des isotopes de l'uranium est décrite à l'[Annexe A](#).

Des spectres avec une plus grande résolution de masse peuvent être obtenus avec les instruments équipés d'un champ de secteur magnétique. Cette configuration peut faciliter la séparation des isotopes utiles des espèces interférentes.

ISO 17294-2:2023

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/ce9c071d-1cf8-4b54-b8f1-1f217d4fb65f/iso-17294-2-2023>

## 5 Interférences

### 5.1 Généralités

Dans certains cas isolés, des interférences isobariques et non isobariques peuvent se produire. Les interférences les plus importantes à cet égard sont des masses concordantes, ainsi que les interférences physiques engendrées par la matrice de l'échantillon. Pour obtenir de plus amples informations, voir ISO 17294-1.

Les interférences isobariques courantes sont données dans le [Tableau 2](#) (voir ISO 17294-1 pour obtenir des informations complémentaires). Il est recommandé de déterminer plusieurs isotopes différents d'un même élément afin de choisir un isotope dépourvu d'interférences. Si aucun isotope ne peut être mesuré sans interférences, une correction mathématique doit être appliquée. En ce qui concerne le dosage des isotopes de l'uranium, le mode opératoire spécifique détaillé à l'[Annexe A](#) doit être suivi.

Il convient de corriger les petites dérives ou les variations d'intensité en appliquant la technique de correction de l'étalon interne. En général, pour éviter les interférences physiques et spectrales, il convient que la concentration en masse de matière dissoute (teneur en sel) ne dépasse pas 2 g/l, ce qui correspond à une conductivité inférieure à 2 700  $\mu\text{S/cm}$ .

NOTE L'utilisation de la technologie des cellules de collision-réaction permet de maîtriser plusieurs interférences. Étant donné qu'il est impossible de détailler les divers paramètres et options de ces techniques dans le présent document, l'utilisateur est tenu de démontrer que l'approche choisie est adaptée à l'usage prévu et qu'elle atteint la performance requise.

Tableau 2 — Interférences isobariques et polyatomiques importantes

Élément	Isotope	Interférences interéléments dues aux ions isobariques et aux ions doublement chargés	Interférences dues aux ions polyatomiques
Ag	<sup>107</sup> Ag	—	ZrO
	<sup>109</sup> Ag	—	NbO, ZrOH
As	<sup>75</sup> As	—	ArCl, CaCl
Au	<sup>197</sup> Au	—	TaO
B	<sup>10</sup> B	—	—
	<sup>11</sup> B	—	BH
Ba	<sup>138</sup> Ba	La <sup>+</sup> , Ce <sup>+</sup>	—
Be	<sup>9</sup> Be	—	<sup>18</sup> O <sub>2</sub>
Ca	<sup>43</sup> Ca	Sr <sup>2+</sup>	CNO
	<sup>44</sup> Ca	Sr <sup>2+</sup>	COO
Cd	<sup>111</sup> Cd	—	MoO, MoOH, ZrOH
	<sup>114</sup> Cd	Sn <sup>+</sup>	MoO, MoOH
Co	<sup>59</sup> Co	—	CaO, CaOH, MgCl
Cr	<sup>52</sup> Cr	—	ArO, ArC, ClOH
	<sup>53</sup> Cr	Fe <sup>+</sup>	ClO, ArOH
Cu	<sup>63</sup> Cu	—	ArNa, POO, MgCl
	<sup>65</sup> Cu	—	SOOH
Eu	<sup>151</sup> Eu	—	BaO
	<sup>153</sup> Eu	—	BaO
Fe	<sup>54</sup> Fe	—	<sup>37</sup> Cl <sup>16</sup> O <sup>1</sup> H, <sup>40</sup> Ar <sup>14</sup> N
	<sup>56</sup> Fe	—	<sup>40</sup> Ar <sup>16</sup> O, <sup>40</sup> Ca <sup>16</sup> O
	<sup>57</sup> Fe	—	<sup>40</sup> Ar <sup>16</sup> O <sup>1</sup> H, <sup>40</sup> Ca <sup>16</sup> O <sup>1</sup> H, <sup>40</sup> Ar <sup>17</sup> O
Ga	<sup>69</sup> Ga	Ba <sup>2+</sup>	CrO, ArP, ClOO
Ge	<sup>74</sup> Ge	Se <sup>+</sup>	ArS, ClCl
Hg	<sup>201</sup> Hg	—	<sup>184</sup> W <sup>17</sup> O
	<sup>202</sup> Hg	—	<sup>186</sup> W <sup>16</sup> O
In	<sup>115</sup> In	Sn <sup>+</sup>	—
Ir	<sup>193</sup> Ir	—	HfO
Mg	<sup>24</sup> Mg	—	CC
	<sup>25</sup> Mg	—	CC
Mn	<sup>55</sup> Mn	—	NaS, ArOH, ArNH
Mo	<sup>98</sup> Mo	Ru <sup>+</sup>	—
Ni	<sup>58</sup> Ni	Fe <sup>+</sup>	CaO, CaN, NaCl, MgS
	<sup>60</sup> Ni	—	CaO, CaOH, MgCl, NaCl
Pd	<sup>108</sup> Pd	Cd <sup>+</sup>	MoO, ZrO
Pt	<sup>195</sup> Pt	—	HfO
Re	<sup>187</sup> Re	Os <sup>+</sup>	—
Ru	<sup>102</sup> Ru	Pd <sup>+</sup>	—
Sb	<sup>123</sup> Sb	Te <sup>+</sup>	—
Sc	<sup>45</sup> Sc	—	COO, COOH
Se	<sup>77</sup> Se	—	CaCl, ArCl, ArArH
	<sup>78</sup> Se	Kr <sup>+</sup>	ArAr, CaCl
	<sup>82</sup> Se	Kr <sup>+</sup>	HBr
Sn	<sup>120</sup> Sn	Te <sup>+</sup>	—
V	<sup>51</sup> V	—	ClO, SOH, ClN, ArNH

NOTE En présence d'éléments de concentrations en masse élevées, des interférences peuvent être engendrées par la formation de polyatomes ou d'ions doublement chargés qui ne sont pas énumérés dans ce tableau.