



Norme
internationale

ISO 17294-1

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

**Partie 1:
Exigences générales**

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

Part 1: General requirements

**Deuxième édition
2024-03**

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

[ISO 17294-1:2024](https://standards.itih.ai/catalog/standards/iso/2f448873-88ff-49d8-8b93-a31a8b5b39a5/iso-17294-1-2024)

<https://standards.itih.ai/catalog/standards/iso/2f448873-88ff-49d8-8b93-a31a8b5b39a5/iso-17294-1-2024>

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

[ISO 17294-1:2024](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iso/2f448873-88ff-49d8-8b93-a31a8b5b39a5/iso-17294-1-2024)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iso/2f448873-88ff-49d8-8b93-a31a8b5b39a5/iso-17294-1-2024>



DOCUMENT PROTÉGÉ PAR COPYRIGHT

© ISO 2024

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
Web: www.iso.org

Publié en Suisse

Sommaire

	Page
Avant-propos	v
Introduction	vi
1 Domaine d'application	1
2 Références normatives	1
3 Termes et définitions	1
4 Principe	3
5 Appareillage	4
5.1 Généralités	4
5.2 Introduction de l'échantillon	4
5.2.1 Généralités	4
5.2.2 Pompe	5
5.2.3 Nébuliseur	5
5.2.4 Chambre de nébulisation	6
5.2.5 Autres systèmes	6
5.3 Torche et plasma	6
5.4 Gaz et régulateur de gaz	7
5.5 Générateur	7
5.6 Transfert des ions au spectromètre de masse	8
5.7 Spectromètre de masse	8
5.7.1 Généralités	8
5.7.2 Système de lentilles	8
5.7.3 Cellule de collision-réaction	9
5.7.4 Analyseur	9
5.7.5 Détecteur	9
5.7.6 Autres spectromètres de masse et autres types d'instruments	10
5.8 Traitement du signal et commande de l'instrument	11
6 Interférences par des éléments concomitants	12
6.1 Généralités	12
6.2 Interférences spectrales	12
6.2.1 Généralités	12
6.2.2 Stratégies d'élimination possibles pour les interférences liées aux ions polyatomiques	13
6.3 Interférences non spectrales	14
6.3.1 Généralités	14
6.3.2 Interférences au cours du processus de nébulisation	14
6.3.3 Interférences dans le plasma	14
6.3.4 Interférences dans la zone de l'interface ou de la lentille	15
6.3.5 Stratégies d'élimination possibles pour les interférences non spectrales (effets de matrice)	16
7 Réglage de l'appareil	18
7.1 Généralités	18
7.2 Mise au point de l'instrument	19
7.2.1 Généralités	19
7.2.2 Alignement du plasma	19
7.2.3 Étalonnage de la masse	19
7.2.4 Résolution	19
7.2.5 Détecteur	20
7.3 Vérification des critères de performance des instruments	21
8 Étapes préparatoires	21
8.1 Généralités	21
8.2 Choix des isotopes	21
8.3 Choix des paramètres instrumentaux	22

ISO 17294-1:2024(fr)

8.4	Choix du temps d'intégration.....	23
8.5	Choix des éléments de référence — Étalons internes.....	23
8.6	Linéarité et domaine de mesure.....	24
8.7	Composition des solutions d'étalonnage.....	25
8.8	Mise au point de la méthode adaptée aux conditions de plasma froid.....	25
8.9	Détermination des performances de la méthode.....	26
8.9.1	Généralités.....	26
8.9.2	Limite de détection de l'instrument.....	26
8.9.3	Limite de détection de la méthode.....	26
8.9.4	Fidélité de la méthode.....	26
9	Mode opératoire.....	27
9.1	Généralités.....	27
9.2	Étalonnage.....	27
9.3	Solutions à préparer.....	27
9.4	Mesurage.....	28
Annexe A (informative) Interférences spectrales, choix des isotopes et limites de détection de l'instrument pour les instruments d'ICP-MS quadripolaires.....		29
Bibliographie.....		34

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

[ISO 17294-1:2024](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iso/2f448873-88ff-49d8-8b93-a31a8b5b39a5/iso-17294-1-2024)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iso/2f448873-88ff-49d8-8b93-a31a8b5b39a5/iso-17294-1-2024>

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).

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 propriété 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. L'ISO ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de brevets.

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 le lien suivant: <http://www.iso.org/iso/fr/avant-propos>.

Le présent document a été élaboré par le comité 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 seconde édition annule et remplace la première édition (ISO 17294-1:2004), qui a fait l'objet d'une révision technique.

Les principales modifications sont les suivantes:

- révision du domaine d'application pour qu'il soit aligné sur l'ISO 17294-2;
- révision du texte pour refléter les instruments actuellement disponibles utilisés par de nombreux laboratoires en routine pour leurs activités quotidiennes;
- révision des [Articles 5](#) et [6](#) pour refléter les équipements modernes de mesure des éléments conformément à l'ISO 17294-2;
- révision des termes abrégés à [l'Article 9](#) pour les aligner sur les termes couramment utilisés dans d'autres normes;
- mise à jour du [Tableau A.1](#).

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.

Introduction

De nouvelles avancées ont eu lieu depuis la dernière édition du présent document dans le domaine de l'analyse des métaux par spectrométrie de masse avec plasma à couplage inductif (ICP-MS). L'usage de la technologie de cellule de collision-réaction (CRC) en ICP-MS quadripôle et en ICP-MS triple quadripôle s'est développé dans les laboratoires. C'est pour cette raison que le présent document a été révisé et que de nouveaux éléments ont été ajoutés.

Le but de la révision du présent document était de se concentrer sur l'instrumentation actuellement disponible et utilisée en pratique par les laboratoires dans leurs activités quotidiennes pour la détermination des éléments conformément à l'ISO 17294-2. Cela a eu pour conséquence le déplacement des formules de correction vers l'[Annexe A](#) en raison de leur moindre importance avec l'instrumentation moderne. De nombreux principes s'appliquent également à l'instrumentation à haute résolution ou à masse exacte, même s'ils ne sont pas décrits en détail dans le présent document.

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

[ISO 17294-1:2024](#)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iso/2f448873-88ff-49d8-8b93-a31a8b5b39a5/iso-17294-1-2024>

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

Partie 1: Exigences générales

1 Domaine d'application

Le présent document spécifie les principes de la spectrométrie de masse avec plasma à couplage inductif (ICP-MS) et fournit des exigences générales sur l'utilisation de cette technique pour déterminer des éléments présents dans l'eau, les minéralisats de boues et de sédiments (par exemple, les minéralisats d'eau décrits dans l'ISO 15587-1 ou l'ISO 15587-2). En règle générale, le mesurage est effectué dans l'eau, mais des gaz, des vapeurs ou de fines matières particulaires peuvent également être introduits. Le présent document est axé sur l'application de l'ICP-MS à l'analyse de solutions aqueuses.

La détermination finale des éléments est décrite dans une Norme internationale distincte pour chaque série d'éléments et chaque matrice. Les articles individuels du présent document renvoient l'utilisateur à ce cadre directeur pour les principes fondamentaux de la méthode et la configuration de l'instrument.

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).

Guide ISO 33, *Matériaux de référence — Bonne pratique d'utilisation des matériaux de référence*

ISO 5725-1, *Exactitude (justesse et fidélité) des résultats et méthodes de mesure — Partie 1: Principes généraux et définitions*

ISO 6206, *Produits chimiques à usage industriel — Échantillonnage — Vocabulaire*

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions du Guide ISO 33, l'ISO 5725-1, l'ISO 6206 et 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/>

3.1

analyte

élément(s) à déterminer

3.2

solution d'étalonnage à blanc

solution préparée de la même manière que la *solution d'étalonnage* (3.3), mais en excluant l'*analyte* (3.1)

3.3

solution d'étalonnage

solution utilisée pour étalonner l'instrument, préparée à partir d'une ou plusieurs *solutions mères* (3.16) ou à partir d'un étalon certifié

3.4

solution de contrôle d'étalonnage

solution de composition connue comprise dans la gamme des *solutions d'étalonnage* (3.3), mais préparée indépendamment

3.5

détermination

processus complet allant de la préparation de la *solution d'échantillon pour essai* (3.18) jusqu'au mesurage et au calcul du *résultat* (3.14) final

3.6

limite de détection de l'instrument

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* (3.2)

3.7

linéarité

relation fonctionnelle entre les valeurs indiquées et les teneurs

3.8

solution de vérification d'étalonnage

solution dont la concentration des éléments de la matrice est connue par rapport aux *solutions d'étalonnage* (3.4), mais dont la concentration en *analyte* (3.1) est moitié moindre de celle de la solution d'étalonnage (la plus concentrée)

3.9

limite de détection de la méthode

L_{DM}
plus faible concentration d'*analyte* (3.1) pouvant être détectée par une méthode analytique spécifique avec une probabilité statistique définie

3.10

intensité nette

I
signal obtenu après correction du signal de fond

3.11

solution d'optimisation

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

EXEMPLE Réglage de la *sensibilité* (3.15) maximale pour un taux minimal de formation d'oxyde et pour une formation minimale d'ions doublement chargés.

3.12

fidélité

étroitesse d'accord entre des *résultats* (3.14) 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 — révision de la définition et suppression des Notes 2 et 3 à l'article.]

3.13

solution de réactif à blanc

solution préparée en ajoutant au solvant la même quantité de réactif qu'à la *solution d'échantillon pour essai* (3.18) et avec le même volume final

3.14

résultat

élément obtenu à l'issue d'un mesurage

Note 1 à l'article: Le résultat est généralement calculé en concentration massique (U) et exprimé en milligrammes par litre.

3.15

sensibilité

S

rapport entre la variation de l'amplitude du signal (ΔI) et la variation correspondante de la concentration de l'*analyte* (3.1) (ΔC)

Note 1 à l'article: La sensibilité est exprimée par la [Formule \(1\)](#):

$$S = \frac{\Delta I}{\Delta C} \quad (1)$$

3.16

solution mère

solution dont la ou les concentrations en *analyte* (3.1) sont connues avec exactitude, préparée à partir de produits chimiques purs

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

Note 2 à l'article: Des produits chimiques purs sont ceux présentant la plus grande pureté disponible et de stœchiométrie connue, et pour lesquels il convient de connaître les teneurs en analyte et en contaminants avec un degré de certitude établi.

3.17

échantillon pour essai

échantillon préparé à partir de l'échantillon pour laboratoire 24

Note 1 à l'article: L'échantillon peut être préparé, par exemple, par broyage ou homogénéisation.

3.18

solution d'échantillon pour essai

solution préparée avec la fraction (prise d'essai) de l'*échantillon pour essai* (3.17) suivant les spécifications appropriées, de manière à pouvoir être utilisée pour le mesurage envisagé

4 Principe

Dans ce contexte, un plasma est un petit volume d'argon chaud (6 000 K à 10 000 K) et partiellement ionisé (environ 1 %). Les plasmas froids ont des températures de seulement 2 500 K environ. Le plasma est confiné par un champ électromagnétique de fréquence radio. L'échantillon est amené dans le plasma sous la forme d'un aérosol. Les échantillons liquides sont transformés en aérosol au moyen d'un nébuliseur. Dans le plasma, le solvant de l'échantillon s'évapore et les composés présents se décomposent en leurs atomes constitutifs (dissociation, atomisation). La plupart des atomes de l'analyte sont presque complètement ionisés.

Dans le spectromètre de masse, généralement équipé d'une cellule de collision-réaction (CRC) et d'un quadripôle, les ions sont séparés et les éléments sont identifiés en fonction de leur rapport masse sur charge, m/z , la concentration de l'élément étant proportionnelle au nombre d'ions.

L'ICP-MS est une technique relative. Le facteur de proportionnalité entre la réponse et la concentration de l'analyte est lié au fait que seule une fraction des atomes d'analyte qui sont aspirés atteint le détecteur, sous la forme d'un ion. Le facteur de proportionnalité est déterminé en mesurant des solutions d'étalonnage (étalonnage).

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 d'intérêt des espèces interférentes.

5 Appareillage

5.1 Généralités

Les principaux composants de l'équipement utilisé pour l'ICP-MS sont présentés à la [Figure 1](#) sous la forme d'un schéma de principe.

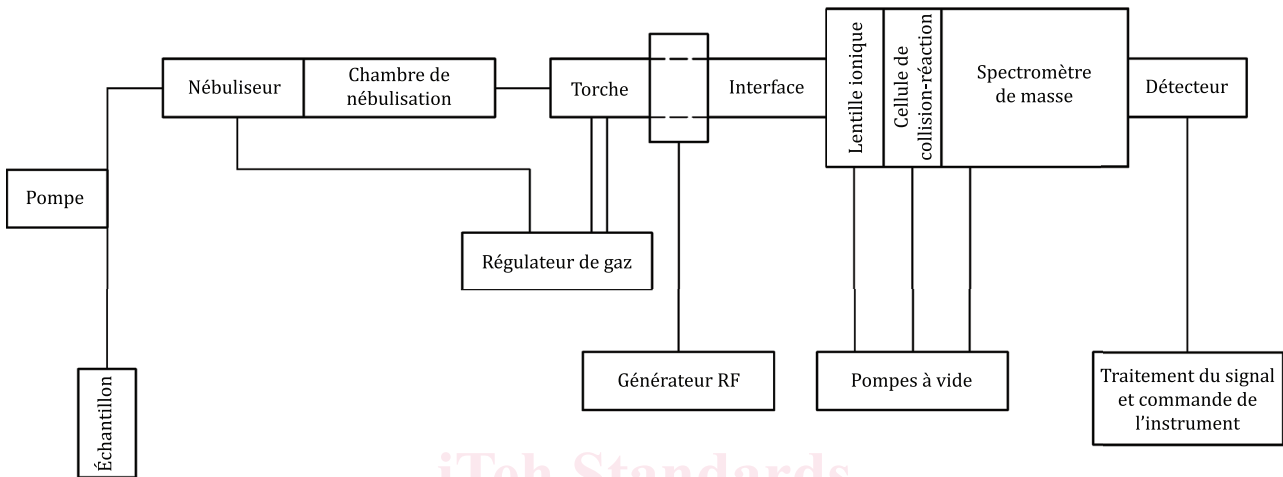


Figure 1 — Schéma de principe d'un instrument d'ICP-MS

5.2 Introduction de l'échantillon

5.2.1 Généralités

Les solutions à mesurer sont généralement introduites dans le plasma au moyen d'une pompe péristaltique, d'un nébuliseur et d'une chambre de nébulisation. La pompe amène la solution jusqu'au nébuliseur. Dans celui-ci, la solution est transformée en aérosol par un flux de gaz (argon), sauf en cas d'utilisation d'un nébuliseur à ultrasons; voir en [5.2.3](#). Les plus grosses gouttelettes sont éliminées de l'aérosol dans la chambre de nébulisation par les collisions avec les parois ou d'autres parties de la chambre, et s'écoulent hors de celle-ci sous forme liquide. L'aérosol résultant passe alors dans le plasma via le tube injecteur de la torche (voir en [5.3](#)) sous l'action du gaz de nébulisation (gaz d'introduction des échantillons).

Le système d'introduction des échantillons est conçu de façon à ce que:

- la masse moyenne par gouttelette d'aérosol soit la plus faible possible;
- la masse de l'aérosol transporté vers le plasma à chaque instant soit la plus constante possible;
- la dispersion de taille des gouttelettes et la masse ajoutée de l'aérosol à chaque instant soient, autant que possible, indépendantes de la solution à mesurer (effet de matrice, voir en [6.3](#));
- le temps que met l'aérosol à se stabiliser après l'introduction dans la chambre de nébulisation d'une solution soit le plus court possible;
- les parties du système en contact avec l'échantillon ou l'aérosol ne soient pas corrodées, dégradées ni contaminées par la solution;
- l'effet de contamination résiduelle d'un échantillon sur les échantillons suivants soit réduit le plus possible.

Les composants du système d'introduction d'échantillon doivent pouvoir résister à toutes substances corrosives présentes dans les solutions, par exemple les acides forts. Pour le tube de la pompe, il convient d'utiliser des matériaux résistants à la dissolution et à l'attaque chimique dues à la solution à nébuliser. Les composants qui entrent en contact avec la solution sont souvent fabriqués en matières plastiques spéciales. Si la solution pour essai contient de l'acide fluorhydrique, l'utilisation du verre et du quartz doit être évitée. Dans ce cas, le nébuliseur, la chambre de nébulisation et le tube injecteur de la torche doivent être constitués d'une matière inerte appropriée.

Les différents composants du système d'introduction d'échantillon sont examinés ci-après suivant ces exigences et des exemples sont comparés.

5.2.2 Pompe

Pour introduire les solutions [par exemple, échantillon, solutions d'éléments de référence (8.5)] dans le nébuliseur, l'utilisation d'une pompe péristaltique n'est pas nécessaire avec certains nébuliseurs (voir en 5.2.3) mais est souhaitable dans la plupart des cas afin de rendre l'alimentation en solution moins dépendante de la composition de cette dernière. Tous les instruments modernes utilisent une pompe d'échantillonnage.

Il est conseillé d'utiliser une pompe péristaltique ayant le plus grand nombre de galets possible et une vitesse la plus élevée possible afin d'éviter les à-coups trop importants dans l'alimentation en solution. La quantité de solution pompée oscille la plupart du temps entre 0,1 ml/min et 1,0 ml/min, et va généralement de 0,4 ml/min à 0,5 ml/min.

5.2.3 Nébuliseur

Les nébuliseurs les plus courants sont de type concentrique (par exemple modèle Meinhard)¹⁾, à flux croisés, «à gouttière en V» et à ultrasons (USN). Le premier peut être utilisé en mode auto-aspiration, et le nébuliseur à flux croisés peut être utilisé sans pompe (mais c'est rarement le cas). Les nébuliseurs peuvent être constitués de verre ou de plastique dur et inerte tel que le PFA (sauf pour les nébuliseurs à ultrasons).

Les nébuliseurs concentriques se composent de deux tubes concentriques, l'extrémité du tube extérieur étant plus étroite. La solution s'écoule à travers le tube central et le gaz de nébulisation (voir en 5.4) passe dans le tube entourant le tube central en créant une zone de basse pression autour de l'extrémité du tube central et décompose la solution en petites gouttelettes (l'aérosol). Ce nébuliseur fonctionne mieux avec des solutions à faible teneur en matières dissoutes, bien que certains modèles soient moins sensibles à des quantités importantes de matières dissoutes dans la solution à nébuliser.

Les nébuliseurs à flux croisés se composent de deux tubes capillaires montés à angle droit, l'un étant destiné au passage de la solution et l'autre au gaz de nébulisation. Suivant la distance entre les ouvertures des tubes capillaires et leur diamètre, ces nébuliseurs peuvent être auto-aspirants. Les possibilités de bouchage sont évidemment réduites si le diamètre est plus important, mais une pompe doit alors être utilisée pour l'alimentation en solution.

Dans les nébuliseurs «à gouttière en V», la solution coule dans une gouttière verticale en V jusqu'à l'ouverture de sortie du gaz de nébulisation. La solution est nébulisée par la grande vitesse linéaire de ce gaz au niveau de l'ouverture de sortie d'un très petit diamètre. Ces nébuliseurs ont été développés pour des solutions à teneur élevée en matières dissoutes et/ou contenant des particules en suspension, bien qu'ils fonctionnent très bien avec des solutions diluées et/ou homogènes. Les nébuliseurs Burgener²⁾ et à jet conique sont similaires et leur forme extérieure est semblable aux nébuliseurs concentriques. La solution s'y écoule dans une zone de forme conique située à l'extrémité du nébuliseur au lieu d'une gouttière en V, et passe sur l'ouverture de sortie du gaz de nébulisation.

1) Le nébuliseur Meinhard est un exemple de produit approprié disponible sur le marché. Cette information est donnée à l'intention des utilisateurs du présent document et ne signifie nullement que l'ISO approuve l'emploi du produit ainsi désigné. Des produits équivalents peuvent être utilisés s'il est démontré qu'ils aboutissent aux mêmes résultats.

2) Le nébuliseur Burgener est un exemple de produit approprié disponible sur le marché. Cette information est donnée à l'intention des utilisateurs du présent document et ne signifie nullement que l'ISO approuve l'emploi du produit ainsi désigné. Des produits équivalents peuvent être utilisés s'il est démontré qu'ils aboutissent aux mêmes résultats.

Dans les nébuliseurs à ultrasons, la solution est pompée à travers un tube qui se termine près de la plaque du transducteur vibrant à une fréquence ultrasonique. La quantité d'aérosol produite (efficacité) représente généralement 10 % à 20 % de la quantité de solution pompée. Elle est si importante que l'aérosol doit être séché (désolvaté) avant d'être introduit dans le plasma car, dans le cas contraire, il l'éteindrait. L'aérosol est transporté dans le plasma par le gaz de nébulisation. Les inconvénients des nébuliseurs à ultrasons sont notamment leur plus grande sensibilité aux effets de matrice, leur plus faible tolérance aux solutions à forte teneur en solides dissous et un temps de rinçage prolongé (pour Ag, B, Hg, Mo).

Pour les autres nébuliseurs précédemment décrits, l'efficacité ne représente généralement qu'un faible pourcentage. Elle augmente lorsque le débit d'introduction de la solution diminue. Des micro-nébuliseurs concentriques spécialement conçus, constitués d'un plastique dur particulier, fonctionnent à des débits de solution de 10 µl/min à 100 µl/min et avec une efficacité proche de 100 %. Ces micro-nébuliseurs concentriques présentent souvent une très bonne fidélité (faible coefficient de variation du signal) et peuvent également être combinés avec un système de désolvatation à membrane [voir en [6.2.1](#) a)].

Plusieurs autres types de nébuliseurs peuvent être utilisés pour des applications spécifiques.

5.2.4 Chambre de nébulisation

Dans la chambre de nébulisation [par exemple de type Scott (deux tubes concentriques), à chambre cyclonique ou à bille d'impact], les plus grandes gouttelettes de l'aérosol sont drainées sous forme liquide. Pour pouvoir créer et maintenir une surpression dans la chambre, le liquide doit être retiré au moyen d'un tube de drainage étanche utilisant la pression hydrostatique ou par pompage. Il convient que le diamètre interne du tube de drainage soit supérieur à celui du tube de prélèvement de l'échantillon, pour s'assurer qu'aucun liquide ne reste dans la chambre de nébulisation. Le liquide doit être drainé de façon constante afin d'éviter les variations de pression dans la chambre, pouvant provoquer des variations du signal.

En refroidissant la chambre de nébulisation jusqu'à une température de 2 °C à 5 °C, la vapeur d'eau formée lors du processus de nébulisation se condense, ce qui réduit la teneur en eau du plasma. De cette façon, la formation d'ions polyatomiques (oxydes) interférents est réduite; voir en [6.2.2](#).

5.2.5 Autres systèmes

Il existe d'autres types de systèmes d'introduction pour des applications spécifiques. Il s'agit notamment de l'ablation par laser ou par étincelle d'un échantillon solide, de l'évaporation de la solution au moyen d'un four en graphite ou d'un filament de métal, de l'introduction d'un gaz ou d'une forme gazeuse de l'analyte (à l'instar de la technique de génération d'hydrures), des systèmes d'introduction directe de matières solides dans le plasma (par exemple sous la forme d'une bouillie de poudre finement dispersée dans un solvant) et de l'introduction directe dans le plasma à l'aide d'une tige de graphite.

Dans le nébuliseur à injection directe (DIN), un micro-nébuliseur pneumatique concentrique est placé dans la torche à la place du tube intérieur (injecteur; voir en [5.3](#)). Ce procédé a une efficacité d'introduction de l'échantillon de presque 100 % avec un débit de prélèvement de l'échantillon généralement égal à 10 µl/min. Un nébuliseur à injection directe peut être utilisé pour les techniques générant des signaux transitoires (par exemple en association avec des dispositifs de chromatographie ou à injection de flux) et pour réduire le plus possible l'effet mémoire par exemple de l'argent, du bore, du molybdène et du mercure. Ces systèmes ne sont pas examinés dans le présent document.

5.3 Torche et plasma

La torche est constituée de trois tubes concentriques et peut se présenter sous la forme d'un monobloc ou d'une unité démontable. La torche est généralement constituée de quartz, mais il en existe aussi en céramique de haute pureté. Parfois, le tube intérieur (tube d'introduction d'échantillon ou tube injecteur) est constitué d'un matériau inerte, par exemple l'alumine ou le saphir. Il s'arrête généralement 4 mm à 5 mm avant la première spire de la bobine. L'aérosol produit par le système d'introduction d'échantillon passe dans le tube d'introduction d'échantillon, transporté par un flux de gaz (argon) (gaz de nébulisation) avec un débit de 0,5 l/min à 1,5 l/min environ.