

Mise au point

Spectrométrie de Masse à Plasma couplé par induction (ICP-MS)

Potentialités en analyse et en biologie

B. Pénicaut (1, 2), C. Bonnefoy (1), C. Moesch (1, 3), G. Lachâtre (1, 4)

Résumé. L'ICP-MS, méthode instrumentale d'analyse qualitative et quantitative multiélémentaire, associée à un spectromètre de masse (MS) une source d'ions formée d'une torche à plasma entretenue par couplage inductif avec un générateur électromagnétique à haute fréquence (ICP), analogue à celles qui servent de source lumineuse en spectrométrie optique d'émission atomique (AES), dont le succès fut et reste très grand. Elle s'applique à l'analyse simultanée de nombreux éléments métalliques et métalloïdiques (80 environ). Sa sensibilité est en général beaucoup plus grande que celle des techniques spectrométriques antérieures, qui gardent cependant l'avantage pour certains éléments de faible masse atomique. Avec une gamme dynamique très étendue, elle permet la quantification de concentrations élémentaires très diverses dans un même échantillon. Elle est donc précieuse en géochimie et en métallurgie comme en biochimie et analyse alimentaire, en toxicologie et en analyse environnementale. Elle est d'exécution très rapide et convient à des analyses en série ou en continu telles que celles de milieux en évolution comme des effluents de chromatographie liquide ou gazeuse ou bien d'électrophorèse capillaire, ce qui la rend précieuse pour les analyses de spéciation. Elle autorise enfin l'utilisation du marquage isotopique non radioactif, essentiel pour les études nutritionnelles des oligo-éléments, et l'emploi des méthodes de dilution isotopique qui, même avec les appareils les plus abordables, sont suffisamment précises.

Mots-clés : ICP-MS, Analyse, Biologie, Spéciation, Marquage isotopique.

Summary. ICP-MS is an instrumental method of multi-elementary qualitative and quantitative analysis. It associates with a mass spectrometer (MS) an ion source composed of a plasma torch fed with inductive coupling with a high frequency electromagnetic generator (ICP), similar to that used as a light source in highly-successful Atomic Emission Spectrometry (AES). ICP-MS can be applied to simultaneous analysis of numerous metallic and metalloid elements (80 or so). Its sensitivity is all in all far better than that available with previous spectrometric techniques, which nevertheless remain more advantageous for processing certain low atomic mass elements. Thanks to its broad dynamic range, ICP-MS allows quantification of an array of elementary concentrations within a single sample. ICP-MS offers particularly interesting perspectives in geochemistry and metal processing, as well as in biochemistry and food or toxicology and environmental analysis. Implementation is rapid and the technique is suitable for series or continuous analyses, or for analysis of any evolving medium such as effluents from gas or liquid chromatography or from capillary electrophoresis, making it a valuable tool for speciation analyses. Finally it enables non-radioactive isotopic labeling, essential for nutritional studies of trace elements, and sufficiently accurate isotopic dilutions, even with more accessible machines.

Key-words: ICP-MS, Analysis, Biology, Speciation, Isotopic labeling.

Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry. Perspectives in analysis and in biology. B. Pénicaut, C. Bonnefoy, C. Moesch, G. Lachâtre. *Ann Pharm Fr* 2006, 64: 312-327.

(1) Service de Pharmacologie et Toxicologie, CHU Dupuytren, 2, avenue Martin Luther King, F 87042 Limoges Cedex.

(2) Laboratoire de Chimie Analytique, Faculté de Pharmacie, 2, rue du Dr Marcland, F 87025 Limoges Cedex.

(3) Laboratoire d'Hygiène, Hydrologie et Environnement, Faculté de Pharmacie, 2, rue du Dr Marcland, F 87025 Limoges Cedex.

(4) Laboratoire de Toxicologie, Faculté de Pharmacie, 2, rue du Dr Marcland, F 87025 Limoges Cedex.

Présentation devant l'Académie nationale de pharmacie, séance du 1^{er} décembre 2004.

Correspondance : B. Pénicaut, à l'adresse (1) ci-dessus.

E-mail : bernard.penicaut@wanadoo.fr

Introduction : définition et atouts de l'ICP-MS

Technique d'analyse élémentaire, la **spectrométrie de masse** (*Mass Spectrometry, MS*) **atomique** porte sur des atomes ionisés qu'elle différencie selon le rapport m/z de leur masse m à leur charge z , qui déterminent leurs mouvements au sein de champs électriques ou magnétiques. Pour une même charge (en principe égale à + 1), les isotopes d'un même élément, différant par leurs masses, seront séparés, alors que des isotopes d'éléments différents ayant même nombre de nucléons et donc sensiblement même masse (isobares) ne le seront pas. À une charge doublée correspondra une masse apparente m/z qui constituera un artefact d'isobare.

L'un des modes d'ionisation atomique positive les plus pratiques et efficaces, et par suite l'un des plus répandus, est l'injection en **plasma couplé par induction** (*Inductively coupled Plasma, ICP*). Ce milieu presque totalement ionisé se forme grâce aux chocs que subissent, avec les électrons déjà arrachés, les atomes d'un gaz, dit plasma-gène, en général de l'argon, sous l'action d'un rayonnement électromagnétique intense (de puissance proche de 1 500 W) et de haute fréquence (*HF*, ordinairement 27, 12 ou 40, 68 MHz). Le choix de l'argon se justifie par le fait qu'il s'agit d'un gaz rare, chimiquement inerte et dont l'énergie de première ionisation (15,76 eV) est l'une des plus élevées du tableau périodique. Ainsi la torche à plasma, dont la température se situe entre 5 000 K et 8 000 K, permet-elle d'ioniser la quasi-totalité des éléments (80 environ), et son association à un spectromètre de masse constitue une technique d'analyse qualitative et quantitative multi-élémentaire dite **Spectrométrie de Masse à Plasma Couplé par Induction HF**, abrégée en **ICP-MS**. Ce couplage avait été précédé par celui de l'ICP avec la spectrométrie optique d'émission atomique (*Atomic* ou *Optical Emission Spectrometry, AES* ou *OES*), dont le succès a été et demeure très grand.

Les couplages **ICP-MS** les plus fréquents associent à l'ICP des spectromètres de masse quadripolaires (*QMS*), très sensibles et relativement économiques. Mais leur pouvoir discriminant est assez faible, de l'ordre de 0,5 unité de masse ato-

mique (*uma*), de sorte que leur résolution (m/m , où m est la largeur du pic mesurée à mi-hauteur) n'excède pas 500. On utilise aussi des spectromètres à secteur magnétique (*sector field, SF*) à double focalisation. Susceptibles d'atteindre de hautes résolutions (*HR*), pouvant dépasser 5 000, de différencier ainsi jusqu'au centième d'unité de masse atomique et d'avoir une grande précision, ils peuvent cependant être moins sensibles et moins rapides [1]. Pour ces raisons et aussi parce qu'ils sont beaucoup moins coûteux, les appareils à faible résolution restent beaucoup plus répandus en MS qu'en spectrométrie optique, mais la résolution plus élevée des appareils ICP-SF-MS est appréciée dans les cas de l'aluminium, du silicium, des métaux de la première période de transition [2] et des lanthanides [3].

Les atouts décisifs de l'ICP-MS, qui seront détaillés plus loin, résultent de l'addition des qualités des deux techniques associées :

- le plasma couplé par induction apporte :
 - **l'étendue de l'ensemble des éléments accessibles**,
 - une **très grande sensibilité** pour la plupart d'entre eux, grâce à d'excellents rendements d'ionisation,
 - et la **rapidité de succession possible des échantillons** ;
- tandis que, de son côté la spectrométrie de masse apporte :
 - **l'étendue de la gamme dynamique**,
 - la **rapidité d'analyse**,
 - et enfin l'aptitude à la **distinction et au dosage spécifique des isotopes** d'un même élément.

Les premiers essais de source ionique à plasma et de couplage ICP-MS remontent à 1964 et les tout premiers appareils aux années 1970 [4]. Ce n'est pourtant que vers 1980 que ceux-ci se sont développés [5] ainsi que leurs applications analytiques. Vers 1983 sont apparus les premiers appareils commerciaux et à partir de 1990 la technique du vide a acquis un perfectionnement suffisant pour leur diffusion dans les laboratoires d'analyses biologiques, géologiques, industrielles et environnementales [6].

La lenteur de ce développement contraste avec la rapidité de la diffusion de l'ICP comme nouvelle source en spectrométrie optique d'émission atomique (*atomic emission spectrometry ICP-AES*)

Download English Version:

<https://daneshyari.com/en/article/2478472>

Download Persian Version:

<https://daneshyari.com/article/2478472>

[Daneshyari.com](https://daneshyari.com)