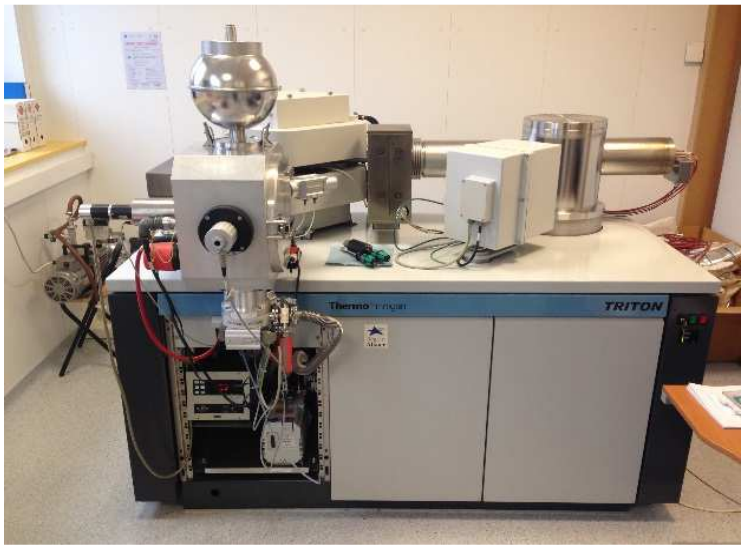
Spectrométrie de masse – source solide – source plasma

Spectromètre Triton Thermo Scientific – source solide



Spectromètre de masse à source solide et à multi-collection TIMS TRITON, Thermo Scientific

Le Triton est composé d'une source, d'un analyseur et d'un ensemble de détecteurs. La source, enfermée dans une enceinte maintenue sous vide, est composée d'une partie fixe qui comprend la chambre d'ionisation, les plaques d'extraction et de focalisation, et d'une partie mobile faite de l'assemblage des filaments d'émission. La haute tension est appliquée à l'ensemble chambre d'ionisation – filaments afin d'accélérer les ions produits par chauffage des filaments sur lesquels sont déposés les éléments purifiés à analyser.
L'analyseur employé sur le spectromètre est un prisme magnétique à simple focalisation, d'angle 90°, et de rayon de courbure 23 cm. Les ions chargés y sont déviés en fonction de leur masse vers le système de détection constitué de 9 cages de Faraday qui collectent simultanément plusieurs isotopes pour en mesurer leurs rapports. Pour les faibles flux d'ions, un compteur d'ions (SEM – Secondary Electron Multiplier) est installé et détecte chaque impact d'ion individuellement.

Spectromètre Neptune Thermo Scientific – source plasma

Spectromètre de masse à source plasma et à multi-collection NEPTUNE, Thermo Scientific

Le Neptune est un spectromètre de masse composé classiquement d'une source, d'un analyseur et d'un ensemble de détecteurs. La source d'ions est le fait d'un plasma fabriqué à l'aide d'un

gaz inerte, en l'occurrence l'Argon. Une spire d'induction métallique entourant une torche est parcourue par un fort courant électrique (de très haute fréquence), générant ainsi un champ électromagnétique intense oscillant à très haute fréquence et conduisant à "l'arrachement" d'un mélange d'électrons et de cations au sein du plasma L'Argon est introduit dans ce champ puis l'ionisation est déclenchée par une décharge électrique. Le plasma est ensuite entretenu par la circulation des électrons et des cations d'Argon sous l'influence du champ électromagnétique. Le plasma d'Argon permet une ionisation efficace de la plupart des éléments du tableau périodique. L'analyse des flux d'ions est comparable dans sa technique et ses diverses déclinaisons à celle décrite sur le spectromètre Triton.

Mesures

Le Triton est actuellement utilisé en routine pour la mesure précise des rapports isotopiques des éléments suivants : Calcium ($^{44}Ca/^{40}Ca$), Strontium ($^{87}Sr/^{86}Sr$), Néodyme ($^{143}Nd/^{144}Nd$) et Radium ($^{226}Ra/^{228}Ra$). La mesure des isotopes du Radium permet de déterminer précisément les teneurs en ^{226}Ra par dilution isotopique et permet également d'accéder à l'isotope minoritaire ^{228}Ra très peu abondant dans la nature. La très haute précision et la très basse limite de détection observées pour les mesures isotopiques de Strontium et Néodyme en font l'outil privilégié pour les faibles quantités.
Le Neptune permet quant-à-lui la mesure précise des rapports isotopiques des éléments tels que : le Lithium ($^{7}Li/^{6}Li$), le Bore ($^{11}B/^{10}B$), le Cuivre ($^{65}Cu/^{63}Cu$), le Strontium ($^{87}Sr/^{86}Sr$), le Néodyme ($^{143}Nd/^{144}Nd$), le Plomb (tous rapports entre ^{204}Pb, ^{206}Pb, ^{207}Pb et ^{208}Pb), l'Uranium ($^{234}U/^{238}U$), et le Thorium ($^{230}Th/^{232}Th$).

Mesures connexes

En complément des mesures par spectrométrie de masse, le Laboratoire dispose également d'un spectromètre d'émission Gamma : un Ortec-Ametek équipé d'un détecteur en cristal de Germanium pur formant un puits qui va accueillir l'échantillon. Le Germanium est un semi-conducteur quasi isolant à faible température. Sa conductivité augmente momentanément lorsqu'il est soumis à un rayonnement ionisant d'énergie 20 à 2000 keV (domaine du rayonnement Gamma). Le cristal soumis à une haute tension laisse alors passer un faible courant électrique dépendant de la distribution spectrale du rayonnement Gamma de l'échantillon. On identifie les raies caractéristiques d'émission des radionucléides et quantifie leur activité. La spectrométrie d'émission Gamma est utilisée au Laboratoire pour déterminer les teneurs en éléments radioactifs de courte période : ^{228}Ra, ^{226}Ra, ^{228}Th, ^{210}Pb, ^{137}Cs.

Principales applications

Ces deux spectromètres de masse TIMS Triton et MC-ICPMS Neptune avec le complément du spectrophotomètre d'émission Gamma permettent d'accéder précisément aux rapports isotopiques de plusieurs éléments chimiques (Sr, Nd, Pb, B, Ca, Li, Cu) ainsi qu'aux déséquilibres radioactifs dans les chaines de désintégration de l'Uranium et du Thorium. Ces différents systèmes isotopiques permettent de caractériser les sources de ces éléments ou peuvent être des marqueurs et des chronomètres des processus physico-chimiques et biologiques dans le milieu naturel. Le couplage de la spectrométrie de masse avec la spectrométrie d'émission Gamma permet l'étude des déséquilibres radioactifs sur l'ensemble du Quaternaire jusqu'aux périodes très récentes de l'ordre de la centaine ou la dizaine d'années, voire l'année. Tous ces traceurs isotopiques sont utilisés au Laboratoire dans la détermination des temps caractéristiques des processus d'érosion et d'altération, l'étude des mécanismes et bilans des transferts d'éléments naturels ou anthropiques dans les hydrosystèmes à différentes échelles, ou encore le traçage de l'origine et de l'impact des aérosols.