ANALYSE PAR RADIOACTIVATION

Les applications des rayonnements nucléaires dans la recherche scientifique sont nombreuses et variées. L'une d'elles consiste à déterminer les éléments entrant dans la composition de très petits échantillons de matières rendus artificiellement radioactifs. C'est l'analyse par radioactivation. On utilise de plus en plus cette technique dans divers domaines de la recherche.

Pour déterminer la nature et la quantité des composants d'un échantillon, la méthode la plus courante est l'analyse chimique, mais elle a des limites. Si, par exemple, l'échantillon soumis à l'analyse ne contient un élément qu'à l'état de trace, cet élément sera difficilement décelable par l'analyse chimique. De même, si l'échantillon est lui-même très petit, il peut être difficile d'en faire l'analyse chimique. Enfin, il peut y avoir modification de la nature des composants au cours de l'analyse chimique, ce qui risque de rendre impossible la détermination exacte des traces.

Ces difficultés peuvent être surmontées dans une large mesure avec l'analyse par radioactivation qui, si elle ne suffit pas toujours, est souvent le complément précieux de méthodes de recherche plus générales. Dans certains domaines spécialisés, c'est la seule méthode d'analyse possible.

Principes et méthode

Dans l'analyse par radioactivation, la première étape consiste à rendre l'échantillon radioactif par des moyens artificiels. Le moyen le plus efficace est le bombardement de l'échantillon par des neutrons. Un atome stable, on le sait, devient généralement instable après avoir capturé un neutron supplémentaire. En d'autres termes, un isotope stable se transforme en radioisotope après avoir absorbé des neutrons venus de l'extérieur. Si par exemple un atome de cobalt-59 - isotope stable - capture un neutron, il se transforme en un atome de cobalt-60 qui est radioactif.

Lorsque l'échantillon a été activé, c'est-à-dire rendu radioactif, l'étape suivante consiste à analyser les rayonnements émanant de cet échantillon. Cette analyse indique la nature et la quantité des différents composants de l'échantillon, car le rayonnement provenant d'un radioisotope donné est caractéristique de cet isotope. Tous les radioisotopes n'émettent pas les mêmes rayonnements. Même lorsque deux isotopes émettent le même genre de rayonnement, le rythme auquel ces deux isotopes se désintègrent est différent et particulier à chacun d'eux. Au cours d'une période donnée, différente selon les isotopes, la moitié des atomes d'une quantité donnée quelconque de ces isotopes se désintègre. Cette période du radioisotope est l'une de ses caractéristiques distinctives. En outre, l'énergie du rayonnement varie d'un isotope à l'autre et l'on en connaît la valeur pour les différents radioisotopes.

L'analyse par radioactivation est une méthode relativement nouvelle mais on l'emploie de plus en plus et on la perfectionne sans cesse. Divers facteurs peuvent entraîner des inexactitudes, et l'on ne pourra résoudre les problèmes qu'ils posent qu'après avoir acquis plus d'expérience et évalué les résultats obtenus. On a donc reconnu la nécessité de réunir des spécialistes pour leur permettre d'exposer leurs techniques et de confronter leurs résultats; le colloque organisé à Vienne par l'Agence internationale de l'énergie atomique et la Commission mixte de la radioactivité appliquée (CIUS) a permis de le faire.

Colloque de Vienne

A ce colloque, qui s'est tenu les 1er, 2 et 3 juin, d'éminents spécialistes ont présenté des mémoires dans lesquels ils ont exposé divers aspects de leurs travaux et ont expliqué les résultats obtenus ou les problèmes non résolus. Les auteurs de ces mémoires sont MM. Cook (Atomic Energy Research Establishment, Harwell, Royaume-Uni), Herr (Institut Max Plank, Mayence, Allemagne), Hoste (Université de Gand, Belgique), Leddicotte (Laboratoire national d'Oak Ridge, Etats-Unis), Lenihan (Western Regional Hospital Board, Glasgow, Royaume-Uni), et Lévêque (Centre d'études nucléaires, Saclay, France). Après la lecture des mémoires, d'importants échanges de vues ont eu lieu entre les participants.

Dans un mémoire exposant des considérations générales sur l'analyse par radioactivation dans les réacteurs, M. Cook signale que la sensibilité de cette technique dépend de ce qu'il est possible d'induire dans un microgramme, et même dans une quantité moindre d'un grand nombre d'éléments, des quantités de radioisotopes faciles à déterminer. Pour éviter les inexactitudes, un poids connu de l'élément recherché est irradié avec l'échantillon, ce qui permet d'établir un rapport entre le taux de désintégration radioactive et le poids de l'élément recherché et d'appliquer ce rapport au taux de désintégration de l'élément recherché, constaté dans l'échantillon.

En ce qui concerne les méthodes d'analyse après activation, M. Cook explique que si les principaux éléments composant l'échantillon contiennent des radioisotopes à période courte, on peut les laisser se désintégrer, de manière à pouvoir examiner les traces des radioisotopes à longue période que présentent les impuretés sans perturbations dues à

des quantités importantes d'autres isotopes. En pareil cas, on pourra, à l'aide d'un spectromètre à scintillation, mesurer une émission éventuelle de rayons gamma, sans altérer l'échantillon. Cependant, de tels cas sont exceptionnels; le plus souvent, un traitement chimique s'impose. Mais les quantités d'oligo-éléments sont trop faibles pour permettre une simple manipulation chimique et il faut employer des procédés spéciaux.

M. Cook fait observer que cette méthode peut présenter plusieurs sources d'erreur et en donne un exposé détaillé.

M. Herr souligne que l'analyse par radioactivation s'est révélée un moyen très efficace d'étudier les problèmes fondamentaux qui se posent en géochimie et en cosmochimie, et passe en revue les travaux récents dans ce domaine. Un des principaux avantages de l'analyse par radioactivation est qu'elle permet souvent d'obtenir simultanément des renseignements sur la quantité et la composition isotopique des oligo-éléments. Les recherches sur la répartition et l'abondance des éléments à l'état de traces, notamment les problèmes concernant la détermination de l'âge géologique des minéraux et des météorites, présentent un intérêt croissant. On peut aussi recueillir des données utiles sur les radioactivités naturelles et sur leurs possibilités d'application aux problèmes géologiques. Ces données analytiques permettent de mieux connaître le spectre énergétique et la constance du rayonnement cosmique dans le temps.

Applications dans l'industrie

Le mémoire de M. Lévêque sur l'analyse par radioactivation au service de l'industrie souligne qu'en raison de son extrême sensibilité, l'analyse par radioactivation a surtout été utilisée pour la détection des traces, notamment dans le contrôle des semi-conducteurs et des métaux très purs. Cependant, la nécessité d'activer les échantillons dans un réacteur atomique a entravé l'utilisation systématique de cette méthode; selon M. Lévêque, les erreurs inhérentes aux mesures par radioactivité les rendent peu appropriées pour déterminer les principaux constituants d'un échantillon. D'autre part, l'utilisation des interactions rayonnements-matière semble ouvrir la voie à toute une série d'analyses non destructives et rapides qu'il faut signaler, quoique - strictement parlant - il ne s'agisse pas ici d'analyses par radioactivation.

M. Leddicotte rend compte de l'expérience acquise aux Etats-Unis, où de nombreux chercheurs pratiquent dans différents domaines scientifiques l'analyse par radioactivation, qui leur fournit un instrument utile et commode aux fins d'analyse élémentaire. Leurs travaux consistent surtout à déterminer de très faibles concentrations (microgrammes et au-dessous) d'éléments divers dans des échantillons de substances biologiques, de produits pharmaceutiques, d'engrais, de substances chimiques fines, de

Des spécialistes de l'analyse par radioactivation, lors du colloque qui s'est tenu à Vienne

produits alimentaires, de combustible, de verre, de matières céramiques, de métaux, de minéraux, de peintures, de dérivés du pétrole, de résines, de sols, de substances toxiques, d'eau et d'autres matières. D'autres chercheurs ont utilisé l'analyse par radioactivation pour déterminer les rapports isotopiques des isotopes stables de certains éléments.

Le mémoire de M. Lenihan traite de l'analyse par radioactivation en biochimie et en médecine. A son avis, cette méthode déjà mise en oeuvre avec succès - quoique de manière assez restreinte - en biochimie humaine et animale, verra sans doute s'accroître son utilité dans ces deux sciences. La simplicité, la rapidité, la sensibilité et la précision de la méthode par activation ont été mises à profit de façon limitée en odontologie, en médecine légale et en cancérologie. Dans ces domaines et dans certains autres domaines de recherche clinique, un grand nombre de problèmes intéressants s'offrent au chercheur. Jusqu'à maintenant, en biochimie on applique la méthode par radioactivation, surtout aux échantillons de tissus, non seulement pour déceler les éléments à l'état de traces, mais aussi pour détecter des constituants plus courants (tels que le sodium et le potassium) là où d'autres méthodes se sont montrées trop peu sensibles ou trop peu pratiques. Le métabolisme de certains éléments tels que le strontium ne peut être que partiellement déterminé au moyen des traceurs radioactifs ou des procédés classiques de la biochimie. Dans tous ces cas, les méthodes d'analyse par activation permettent d'étudier la répartition de l'élément normal dans les tissus et les excreta. M. Lenihan souligne que la plupart des applications biochimiques de l'analyse par radioactivation supposent l'utilisation d'un réacteur nucléaire, mais des mesures courantes,

(suite page 27)