

# LES RAYONNEMENTS DANS L'ANALYSE

Les méthodes radiochimiques d'analyse présentent certains avantages particuliers, notamment: rapidité et grande sensibilité, et peuvent parfois donner des résultats qui ne pourraient être obtenus par d'autres moyens. Elles font l'objet d'applications de plus en plus nombreuses et variées, qui ne se limitent pas à la recherche pure, mais s'étendent à la médecine et à la santé publique, à de nombreuses industries: extraction minière, industries textiles, métallurgie et industrie pétrolière, ainsi qu'à d'autres domaines comme l'archéologie et la criminologie.

Dans son historique de certaines de ces applications, que l'on trouvera dans le présent numéro, M. G. de Hevesy rappelle que «la première application de la radioactivité en chimie analytique date de la découverte même de la radioactivité». Toutefois, la technique évolue constamment à mesure que de nouveaux besoins stimulent les efforts des chercheurs et que l'utilisation de nouveaux appareils - réacteur nucléaire, accélérateur de particules, ordinateur électronique - ouvre des possibilités plus vastes.

Ces différentes questions ont été étudiées au cours d'un colloque organisé par l'AIEA, qui s'est tenu à Salzbourg du 19 au 23 octobre 1964 et qui a réuni 278 participants, représentant 28 pays et cinq organisations internationales.

Le thème principal de la réunion a été l'analyse par radioactivation, qui a occupé six des neuf séances. Cette méthode est fondée sur l'exposition de la substance à étudier à des neutrons, à des particules chargées ou à un rayonnement électromagnétique comme les rayons X, ce qui provoque des transformations nucléaires suivies d'une désintégration radioactive. Chaque élément forme des nucléides qui émettent des rayonnements possédant une énergie et une période propres, grâce auxquels il est possible d'identifier et de mesurer l'élément. Les participants au colloque ont étudié diverses applications de cette méthode, l'activation étant réalisée dans un réacteur, au moyen d'un accélérateur ou avec des sources de radioisotopes; les techniques expérimentales et l'emploi d'ordinateurs pour l'analyse par activation ont été également pris en considération. Deux séances ont été consacrées aux applications analytiques des radioindicateurs et une autre à l'utilisation des sources radioactives pour l'analyse élémentaire, en particulier à l'étude de l'absorption et de la diffusion des rayonnements et de l'émission de rayonnements secondaires par un échantillon exposé aux rayonnements.

Dans son allocution d'ouverture, M. H. Seligman, Directeur général adjoint chargé de la recherche et des isotopes, a constaté que les travaux du colloque seraient consacrés en grande partie à l'analyse par activation, la plus largement utilisée des techniques radioactives d'analyse. Les résultats obtenus dans ce domaine au cours des dernières années, a déclaré M. Seligman, sont liés au progrès de la technologie dans d'autres secteurs, en particulier les analyseurs multicanaux, les petits accélérateurs et les

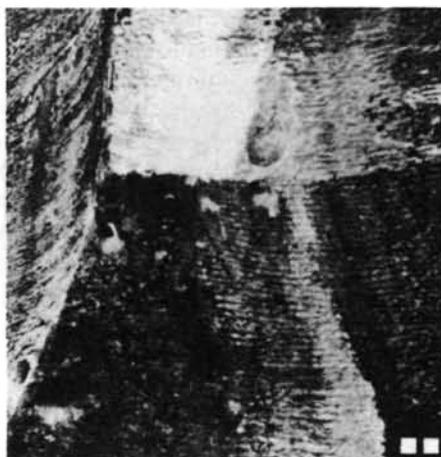
ordinateurs. « Bien que l'analyse par activation tienne une place de premier plan parmi les méthodes radioisotopiques d'analyse, elle est loin d'être la seule technique intéressante », a déclaré M. Seligman. « Il existe un grand nombre de formules qui pourraient être appliquées à une grande variété de matériaux. Plusieurs des mémoires présentés décrivent des techniques qui pourraient être utilisées pour l'analyse en continu, qui devient de plus en plus nécessaire dans l'industrie moderne. »

Dans un exposé d'introduction, M. W.W. Meinke (Etats-Unis) a souligné que l'analyse radiochimique était loin de constituer une nouveauté; en fait, l'analyse par activation a été inaugurée il y a près de 30 ans dans les laboratoires du professeur Hevesy. Dans un domaine aussi longuement exploré, il ne suffit plus de considérer les techniques isolément en vue de les mettre au point ou de les améliorer. De nos jours, l'analyste se trouve en présence d'un nombre toujours croissant de méthodes et techniques qui reposent sur des principes de physique, de chimie et de biologie; pour être adoptée, une méthode donnée doit soutenir victorieusement la comparaison avec toutes les autres méthodes qui font partie de l'arsenal de l'analyste. L'analyse par activation connaît maintenant une grande vogue et elle ouvre certainement un domaine intéressant et très important, mais elle exige en général un matériel assez complexe et coûteux, a souligné M. Meinke. En revanche, les méthodes d'analyse par radioindicateurs sont négligées, bien que la mise au point d'une nouvelle méthode de ce genre exige souvent des investissements bien inférieurs à ceux que demanderait l'analyse par activation.

## **MATERIEL PORTATIF POUR LES TRAVAUX SUR LE TERRAIN**

De l'avis de certains participants, même l'analyse par activation n'est pas aussi largement utilisée qu'elle devrait l'être, car elle est généralement effectuée au moyen d'un réacteur ou d'un accélérateur d'un prix de revient élevé, complété par d'autres appareils également assez coûteux. On a récemment eu tendance à utiliser de petits accélérateurs qui, sans donner d'aussi bons résultats que les grands appareils, sont néanmoins satisfaisants. Aux Etats-Unis, il est possible d'installer un accélérateur et l'appareillage annexe pour 50 000 dollars environ, et certaines entreprises industrielles ont estimé que cet investissement était rentable. L'avantage primordial de la méthode est sa rapidité, par exemple pour des dosages de l'oxygène. Ce type d'analyse prend de plus en plus d'importance depuis quelques années, avec l'accroissement de la demande de matériaux d'une grande pureté pour l'industrie nucléaire, les vaisseaux spatiaux et autres usages particuliers. Il arrive fréquemment que les métaux s'oxydent légèrement sur toute leur épaisseur, et pour déterminer cette oxydation on a utilisé jusqu'à maintenant des méthodes assez fastidieuses. L'analyse par activation a permis de ramener de une heure à une minute environ la durée de chaque dosage et elle constitue une méthode à la fois précise et sensible.

Les participants au colloque se sont beaucoup intéressés à la mise au



■ L'analyse par activation neutronique permet de différencier des marbres provenant de carrières anciennes. Ce monument funéraire de la période hellénistique à Bellevi (Turquie), a été taillé à même une colline de marbre (Photos: L. RYBACH et H.U. NISSEN).

■ La régularité des stries à la surface de ces blocs (Iscihissar, Turquie) montre avec quel soin on taillait le marbre dans la Grèce antique.

point d'appareils portatifs de conception simple, utilisant des sources de radioisotopes pour produire des neutrons ou des rayons X. Sans avoir la précision des grandes installations, ces appareils peuvent être extrêmement utiles pour les travaux sur le terrain, par exemple pour le dosage sur place des métaux contenus dans les minerais.

L'intérêt des techniques radiochimiques n'est pas strictement d'ordre économique. MM. J.P.W. Houtman et J. Turkstra (Pays-Bas) ont montré que l'emploi d'une méthode scientifique se généralise pour l'étude des objets d'art. Dans ce domaine, l'analyse non destructive est particulièrement intéressante, mais on peut également recourir à des méthodes pour lesquelles il suffit de prélever de très petits échantillons de l'objet. Depuis le Moyen-Âge, on utilise la céruse en peinture, soit pour l'apprêt, soit comme pigment blanc. Les méthodes de purification de la céruse ont été sensiblement modifiées au cours des siècles; par conséquent, le dosage des impuretés qu'elle contient peut donner des indications sur l'époque du tableau pour lequel elle a été utilisée.

L'analyse par activation neutronique de quelques échantillons de tableaux peints entre 1800 et 1875 et de tableaux modernes montre que la concentration de tous les éléments est différente dans les divers échantillons de céruse. Les auteurs de la communication ont analysé 25 échantillons de fragments de céruse prélevés sur des tableaux anciens, dont l'authenticité est certaine, peints entre 1510 et 1909, et 18 fragments de céruse provenant de pigments et de peintures dont la date de fabrication était connue. Ils ont constaté que jusqu'en 1850 environ la teneur en cuivre,

argent, mercure et manganèse était relativement élevée et constante, mais qu'après cette date elle n'était plus que d'un dixième environ de sa valeur primitive. D'autre part, avant 1940 la céruse contenait peu de zinc et d'antimoine insolubles, mais la teneur de ces éléments a augmenté brusquement depuis lors.

On a également eu recours à l'activation neutronique pour déterminer l'origine du marbre des statues et des édifices de la Grèce antique. Dans le mémoire qu'ils ont présenté, MM. L. Rybach et H.U. Nissen (Suisse) ont fait observer que, tout en étant une roche particulièrement pure au point de vue chimique, le marbre peut présenter des caractéristiques très diverses. En étudiant un grand nombre de disques minces de marbre pur, provenant de Grèce et d'Anatolie, ils ont constaté qu'il était difficile dans la plupart des cas de différencier des spécimens provenant de carrières différentes. La méthode utilisée par eux a consisté à mesurer les variations de la teneur en oligoéléments des cristaux de carbonate dont se compose le marbre. Après avoir exposé de petits échantillons de marbre à l'activation neutronique pour déterminer leur teneur en sodium, ils ont constaté qu'il était possible de déterminer en même temps la teneur en manganèse. Ils ont ainsi pu établir les caractéristiques de marbres provenant de plusieurs carrières anciennes. Dans certains cas, on retrouve les mêmes caractéristiques - par exemple dans des échantillons de marbres de Samos et de Priène, qui ont des origines géologiques voisines - mais il a souvent été possible de différencier nettement des marbres provenant de plusieurs carrières.

## IDENTIFICATION D'UN CHEVEU

L'identification des cheveux humains peut présenter beaucoup d'intérêt en criminologie. MM. F.W. Lima, H. Shibata et L.T. Atalla (Brésil) ont montré que les enquêteurs de la police judiciaire sont souvent en présence de crimes où le principal indice est constitué par la présence de cheveux dans les mains de la victime, sur l'instrument du crime ou sur le lieu où il a été commis. Dans certains cas, les enquêteurs ne retrouvent qu'un seul cheveu. On ne peut pas toujours se fier à l'identification des cheveux par des méthodes classiques, et les cheveux provenant d'un même individu sont semblables mais non pas identiques au point de vue grosseur, forme, pigmentation ou longueur. La simple ressemblance ne suffit pas, car un autre individu peut avoir des cheveux semblables à ceux qui sont analysés. néanmoins, grâce à l'analyse par activation, il est possible de mieux identifier les cheveux humains en dosant les éléments inorganiques qu'ils contiennent. La teneur en cuivre, brome, zinc et sodium d'un seul cheveu permet de déterminer la personne à laquelle il appartient. La probabilité de rencontrer deux personnes pour lesquelles les teneurs en ces éléments sont identiques est d'environ 1 sur 15 000 ; mais si l'on compare une dizaine des quelque trente éléments contenus dans le cheveu, la même probabilité est de 1 sur 15 milliards.

MM. H. Spenke, T. Cless-Bernert et B. Karlik (Autriche) ont décrit une méthode d'analyse permettant de doser le bore dans l'acier. Les aciers au bore sont de plus en plus utilisés pour la construction de réacteurs et dans



De nombreux esclaves romains, dont la peine de mort avait été commuée, ont travaillé dans ces carrières à Ischissar (l'ancienne Synnada), près d'Afyoukarahissar en Turquie. Le marbre blanc, de belle qualité, était exporté jusqu'à Rome et on l'exploite encore de nos jours.

---

les cas où l'on a besoin de matériaux susceptibles d'être bien trempés. L'analyse chimique du bore à de faibles concentrations est une opération fastidieuse; on a donc mis au point une méthode d'analyse par activation, qui est à la fois beaucoup plus rapide, plus économique et plus précise que l'analyse chimique normale. Cette méthode consiste à irradier des échantillons d'acier au bore dans un réacteur en même temps que des échantillons témoins; le bore contenu dans l'acier absorbe des neutrons, de sorte que l'acier devient moins radioactif et on peut mesurer la différence entre la radioactivité du témoin et celle de l'échantillon. Des échantillons d'acier contenant 0,1% de bore acquièrent une activité égale à environ 90% de celle de témoin sans bore. La différence d'activité est encore perceptible pour des échantillons d'acier contenant seulement 0,008% de bore.

Pour MM. D.E. Fisher et R.L. Currie (Etats-Unis), la perspective de pouvoir bientôt procéder à l'analyse de substances prélevées à la surface de la lune est l'une des principales raisons du grand intérêt suscité par les méthodes d'analyse applicables aux météorites. Ces chercheurs espèrent que la méthode d'activation décrite dans leur communication permettra d'analyser sept ou huit éléments dans quelques centaines de milligrammes de substances prélevées à la surface de la lune. Non seulement cette méthode fournit davantage de renseignements sur un milligramme que l'analyse chimique par voie humide, mais l'échantillon n'est pas détruit et peut encore faire l'objet de comparaisons entre laboratoires et de recherches

ultérieures. Dans leur mémoire, les auteurs décrivent l'application de cette méthode aux météorites. De nombreuses données ont déjà été publiées sur les éléments présents dans les météorites, depuis les principaux constituants jusqu'aux oligoéléments. Ces renseignements sont très importants si l'on veut étudier l'origine et l'histoire du système solaire, mais beaucoup de ces données sont suspectes car certains éléments ne se prêtent pas à l'analyse chimique et, dans le cas des oligoéléments, il existe un risque de contamination par les impuretés présentes dans les réactifs chimiques utilisés en laboratoire. L'analyse par activation évite ces deux inconvénients et présente en outre l'avantage d'être à la fois non destructive et rapide.

## ANALYSE DU VENIN DE SERPENT

Quatre spécialistes israéliens (B. Moad, S. Gitter, Y. Welwart et S. Amiel) ont décrit des expériences qui ont été faites pour déterminer à l'aide de radioindicateurs les mécanismes de diffusion et d'action de venin de serpent. Ces venins sont des mélanges complexes d'agents toxiques contenant de grandes quantités de métaux à l'état de traces. Les auteurs ont examiné des venins de divers serpents et constaté qu'ils avaient d'importantes teneurs en cuivre (de l'ordre de 0,1%) et en zinc (0,05%). Ils ont procédé à une étude systématique, au moyen de l'analyse par activation, en vue d'utiliser ces oligoéléments métalliques comme indicateurs internes et d'étudier la relation entre la nature chimique des venins, leur activité biologique et leur teneur en métaux à l'état de traces.

Une discussion a porté sur les méthodes de dosage de l'oxygène au moyen de l'oxygène-18, qui est un isotope stable. Les radioisotopes de l'oxygène ayant des périodes trop courtes pour permettre de les utiliser comme indicateurs, on utilise l'oxygène-18 pour marquer les substances à étudier. La détermination de l'oxygène-18 acquiert ainsi une grande importance lorsqu'on étudie des processus auxquels l'oxygène prend part et lorsqu'on veut suivre l'oxygène dans différents systèmes chimiques et biologiques. MM. D.C. Aumann et H.J. Born (République fédérale d'Allemagne) ont fait ressortir que si la spectrométrie de masse permet de doser l'oxygène-18 avec une grande précision, ce procédé est long et fort coûteux. Mais en irradiant les matières par des neutrons rapides, on obtient du fluor-18 qui peut servir de mesure de la teneur en oxygène-18. La méthode décrite est simple et non-destructive, quoique moins précise et moins sensible que la spectrométrie de masse. Au cours de la discussion de mémoire, M. S. Amiel (Israël) a exprimé des doutes au sujet de l'emploi du fluor-18; en utilisant de l'azote-17, a-t-il dit, on peut faire une analyse précise, simple et très rapide. M. Aumann a répondu que sa méthode avait été conçue, non pas pour doser l'oxygène à l'état de traces, mais pour déterminer sa composition isotopique, de sorte qu'une très grande précision n'était guère nécessaire. MM. S. Amiel et A. Nir (Israël) ont en outre présenté un mémoire dans lequel ils décrivent une méthode fondée sur l'emploi de sources de particules alpha: en bombardant des échantillons par ces particules, on obtient une émission de neutrons proportionnelle à la concentration d'oxygène-18.

Les possibilités offertes par l'emploi d'un générateur de neutrons, à la place d'un réacteur nucléaire, dans l'analyse par activation des huiles de graissage ont été étudiées par MM. D. Gibbons, W.J. McCabe et G. Olive (Royaume-Uni). Le générateur de neutrons de 14 MeV peut être utilisé avec avantage comme source de particules activantes; bien que son flux de neutrons soit relativement faible, cet appareil convient à toutes sortes d'analyses dans lesquelles une extrême sensibilité n'est pas indispensable et il présente l'intérêt d'être d'un prix de revient peu élevé et d'un maniement facile. Le baryum et le phosphore que l'on ajoute habituellement aux huiles de graissage subissent des réactions convenables sous l'effet des neutrons de 14 MeV et peuvent être dosés rapidement sans aucun traitement chimique préalable. La même méthode peut être étendue au dosage du fer et du chlore, mais sa sensibilité à leur égard est moins grande. Les auteurs ont conclu que l'analyse par activation neutronique des additifs dans l'huile de graissage constitue une méthode relativement simple permettant le dosage non destructif et rapide de plusieurs éléments à la fois.

## CONTROLE DE LA POLLUTION ATMOSPHERIQUE

Le dosage courant par activation neutronique des éléments les plus divers dans les roches et les minéraux peut se faire facilement et à un prix relativement bas à l'aide de calculatrices électroniques, ont déclaré MM. R. Coulomb et J.C. Schitz (France). Les méthodes et programmes de calcul qu'ils ont exposés permettent de répondre plus facilement aux besoins de la géochimie et de la géologie, qui exigent un nombre toujours plus élevé d'analyses quantitatives des éléments contenus dans les roches, les sols, les eaux et les végétaux. MM. R.E. Wainerdi, L.E. Fite, D. Gibbons, W.W. Wilkins, P. Jimenez et D. Drew (Etats-Unis) ont décrit un ensemble automatique perfectionné et un programme de calculatrice pour l'analyse par activation neutronique. Il s'agit là d'une méthode très rapide, employée pour analyser des échantillons dont les faibles différences de composition sont du domaine de la recherche, notamment pour déterminer la teneur en cobalt et en fer du sérum sanguin. Cet ensemble permet d'activer chaque échantillon séparément ou plusieurs à la fois. Son coût est d'environ 70 000 dollars; on l'utilise avec des calculatrices IBM dont le prix est de l'ordre de 100 000 dollars. Avec un temps de comptage à 60 secondes par échantillon, on peut réunir des données sur 4040 échantillons dans l'espace d'un seul jour.

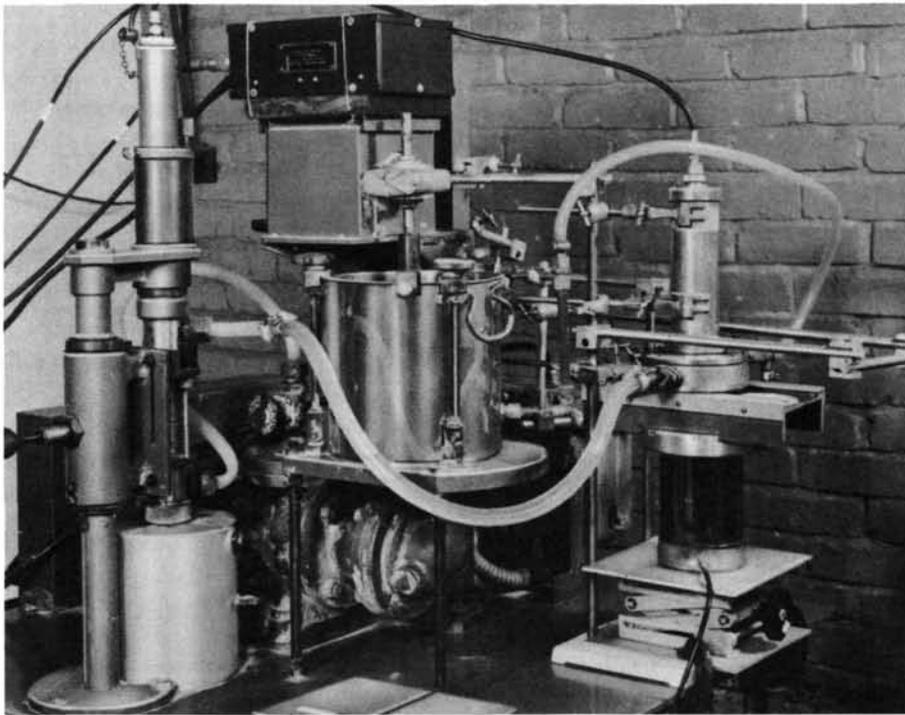
Au cours des séances consacrées aux radioindicateurs, on a décrit diverses méthodes fort ingénieuses, applicables à des fins très variées. MM. S.C. Ellis et J.H. Barrett (Royaume-Uni) ont exposé une méthode radiométrique pour la détermination de la quantité d'enduit à base de gélatine qui recouvre chaque fil utilisé dans l'industrie textile. De nombreux procédés industriels exigent l'application d'une mince couche d'enduit aux fils retors pour diminuer leur tendance au rétrécissement et les rendre plus résistants à l'action de l'eau. Il importe particulièrement de pouvoir mesurer l'épaisseur de l'enduit sur toute la longueur du fil, ce qui n'est guère facile en raison

de l'extrême minceur de la couche. En outre, on ne veut pas utiliser de matières radioactives avant que les échantillons de fils n'aient quitté l'usine. La méthode employée consiste donc à mesurer l'épaisseur de l'enduit au moyen d'un réactif radioactif, en l'occurrence le radiosoufre. On ajoute à la gélatine de petites quantités de cuivre, puis le fil est exposé à un gaz contenant du radiosoufre. Le soufre se combine au cuivre contenu dans la gélatine et la quantité de rayonnements émise est proportionnelle à la quantité de gélatine recouvrant le fil. Cette méthode permet de mesurer facilement la teneur moyenne en gélatine et d'examiner cette quantité par unité de longueur de fil avec un degré de précision qu'il serait très difficile d'atteindre par une autre méthode.

Un procédé de dosage de l'anhydride sulfureux dans l'atmosphère a été décrit par MM. H.H. Ross et W.S. Lyon (Etats-Unis). La pollution de l'atmosphère cause des inquiétudes croissantes dans un grand nombre de pays, de sorte qu'il est maintenant important de procéder à ces mesures. La méthode de dégagement de radioactivité présente l'avantage d'être sensible, sélective et rapide et de se prêter à la mise au point de systèmes indépendants automatiques. Elle consiste à faire passer de l'air à travers un barboteur contenant une solution radioiodée. Le soufre atmosphérique réagit au contact de la solution et l'iode élémentaire se trouve libéré. En mesurant la radioactivité de l'iode libéré, on peut calculer la quantité de soufre qui a été absorbée par la solution. Les traces de soufre contenues dans l'air ordinaire et les quantités relativement importantes que l'on trouve dans le voisinage des sorties d'air des usines peuvent être mesurées couramment par la même opération. Il n'est guère nécessaire de faire appel au jugement d'un technicien expérimenté.

M. P. Schiller (Tchécoslovaquie) a exposé un principe différent, fondé sur la mesure du rayonnement rétrodiffusé, qui revêt un intérêt particulier pour l'industrie des produits pharmaceutiques. La méthode consiste à diriger sur la substance à étudier un faisceau de rayons bêta qui est renvoyé vers la source sous la forme d'un rayonnement rétrodiffusé pouvant être mesuré avec précision. Les éléments à nombre atomique élevé\*, tels que l'iode ou le mercure, rétrodiffusent un rayonnement plus intense que les nucléides légers, de sorte que ses variations indiquent des différences dans la composition du produit. On dispose ainsi d'un moyen rapide et efficace pour contrôler les ingrédients en cours de fabrication. Le temps nécessaire pour vérifier la teneur en iode de plusieurs préparations pharmaceutiques a pu être ramené de 19 heures à 10 minutes environ. Les possibilités du contrôle analytique rapide, notamment au cours des stades intermédiaires de la fabrication, se trouvent améliorées du fait que les résultats sont fournis rapidement. La méthode est simple et l'échantillon analysé reste intacte, donc utilisable, ce qui peut présenter un intérêt commercial important lorsque les matières traitées sont d'un coût relativement élevé.

\* Le nombre atomique est égal au nombre de protons contenus dans le noyau d'un atome. Chaque élément chimique possède son nombre atomique; la suite de ces nombres constitue une série complète par ordre de poids atomique croissant.



Prototype d'analyseur à fluorescence X (Photo: Mineral and Technical Developments Ltd.)

---

## TITRAGE DES MINERAIS SUR LE TERRAIN

La rapidité avec laquelle la composition d'un minerai peut être déterminée sur le terrain revêt une grande importance pour l'industrie minière. MM. T. Florkowski, B. Dziunikowski et A. Kosiara et Mme M. Wasilewska (Pologne) ont indiqué comment on pourrait utiliser des sources radioisotopiques pour obtenir les rayons X nécessaires au titrage des minerais de fer, de zinc et de cuivre sur le terrain à l'aide d'appareils portatifs simples. Exposé aux rayons X, l'échantillon émet un rayonnement caractéristique qui permet de l'analyser au moyen de compteurs. Chaque détermination n'exige que deux ou trois minutes. La précision des résultats dépend des conditions dans la mine, telles que les variations de la teneur en eau du minerai et la distribution irrégulière de l'élément utile dans l'échantillon. Néanmoins, les prototypes d'instruments d'analyse sur le terrain, simples et peu coûteux, se sont révélés très utiles dans l'exploitation des gisements de minerais. Deux autres applications de la fluorescence X provoquée dans les minerais stannifères à l'aide de sources radioisotopiques ont été décrites par MM. J.R. Rhodes, T.G. Ahier et I.S. Boyce (Royaume-Uni). La première est une analyse en continu pendant les diverses opérations de traitement, l'accent étant mis sur la sensibilité; la seconde est un dosage



Prospection de minerai d'étain au moyen d'un analyseur portatif (Photo: Hilger and Watts Ltd.)

rapide des couches de minerai à l'aide de détecteurs portatifs. Les résultats fournis par le premier procédé montrent qu'il est possible d'obtenir une sensibilité très supérieure à celle des méthodes normales.

L'analyse des éléments de nombre atomique élevé par les méthodes classiques fondées sur la fluorescence X pose des problèmes particulièrement délicats. MM. P. Martinelli et P. Blanquet (France) ont étudié la possibilité de doser ces éléments, non plus à l'aide des rayons X, mais au moyen des rayons gamma émis par des sources radioisotopiques. La principale difficulté de ces procédés est due à l'insuffisance des appareils de mesure et de détection électroniques, mais il a été finalement possible de les perfectionner et de les simplifier. Du point de vue de certains aspects du contrôle industriel, la méthode proposée offre des avantages évidents par rapport aux méthodes classiques, l'intensité du rayonnement obtenue étant très élevée. Cette méthode pourrait permettre de trier automatiquement les minerais pauvres de métaux lourds tels que le tungstène, l'or, le mercure, le plomb et le bismuth.

MM. L. Gorski et A. Lubecki (Pologne) ont exposé deux méthodes de dosage rapide du tungstène dans l'acier. L'une est fondée sur la fluorescence X provoquée par une source radioisotopique; elle convient surtout pour les teneurs en tungstène allant jusqu'à 11%; l'autre, qui fait appel à la rétro-

diffusion des particules bêta, convient mieux aux fortes concentrations. Le dosage rapide du tungstène dans l'acier à outils revêt la plus haute importance économique; grâce à ces méthodes, il est possible de contrôler la fusion de l'acier dans les fours électriques. En évitant d'utiliser plus de tungstène que n'en exigent les spécifications, on parvient à réaliser des économies substantielles.

---

## ENQUETE SUR LES AVANTAGES ECONOMIQUES DES RADIOISOTOPES DANS L'INDUSTRIE

La découverte de la radioactivité artificielle ne remonte qu'à trente ans et ce n'est que depuis vingt ans que les radioisotopes sont disponibles en grandes quantités; pourtant, les méthodes fondées sur leur emploi comme sources de rayonnements ou comme radioindicateurs ont trouvé de nombreuses applications, non seulement dans la recherche scientifique, mais aussi dans le contrôle de la fabrication et des produits. Les fonds que l'industrie investit dans ces nouvelles techniques s'élèvent à des millions de dollars par an. Etant donné l'attitude générale des industriels devant les innovations scientifiques: ils n'acceptent que les méthodes qui deviennent relativement vite rentables, on peut admettre que les avantages économiques se chiffrent par des sommes encore bien plus importantes.

En vue de déterminer dans quelle mesure les radioisotopes sont régulièrement utilisés et pour évaluer les avantages économiques de leur emploi, l'Agence a organisé une «enquête internationale sur les applications des radioisotopes dans l'industrie». En 1962, elle a invité plusieurs de ses Etats Membres industrialisés à y participer. Divers pays avaient déjà fait des enquêtes semblables entre 1950 et 1960, mais les méthodes appliquées et la notion même d'avantage économique différaient sensiblement d'un pays à l'autre. Aussi l'Agence a-t-elle essayé de convaincre tous les pays de la nécessité d'une enquête globale, portant sur les mêmes catégories d'industries et fondée sur des concepts identiques de prix de revient, d'économie, etc.

Au total, 24 Etats Membres de l'Agence ont accepté de participer à l'enquête et ont présenté des rapports. Ces derniers sont loin d'être comparables. Dans certains cas, les organismes nationaux responsables des enquêtes se sont consciencieusement acquittés de leur tâche et ont présenté des rapports détaillés sur la manière dont les industries du pays utilisent