

civil, la mécanique, etc. Le placement du personnel sur des chantiers de construction en pays industrialisés en vue d'assurer leur formation sur le tas présente également des difficultés.

Le colloque a conclu ses travaux par un débat sur des recommandations à présenter à l'Agence au sujet des programmes futurs d'assurance de la qualité. Ces recommandations soulignent la nécessité d'élaborer des documents élémentaires tels que manuels et recettes destinés à l'usage pratique. On a particulièrement mis

l'accent sur le programme de l'Agence qui prévoit de consacrer à la formation du personnel d'assurance de la qualité tous les modes existants d'assistance technique aux pays en développement. On a enfin jugé que l'Agence devait aider les Etats Membres en organisant et en effectuant des enquêtes (audits) du programme d'assurance de la qualité à tous les stades de la réalisation d'une installation nucléaire. L'équipe de vérification devrait se composer d'experts internationaux de l'assurance de la qualité et employer comme documents de référence le Code et les Guides de sûreté de l'Agence.



## Les méthodes de comptage appliquées aux faibles activités

Les mesures de faibles radioactivités dans l'environnement rendent de plus en plus de services pour la protection de ce dernier, pour l'étude des phénomènes naturels, ainsi que dans d'autres domaines tels que la datation au carbone 14, ou la prospection minière ou hydrologique. Le plus récent colloque de l'AIEA sur le comptage des faibles activités s'était tenu à Monaco en 1967. Or entre-temps les méthodes et les appareils ont fait de grands progrès et permettent aujourd'hui d'identifier et de déterminer avec une sensibilité accrue les radionucléides présents dans l'environnement. Aussi de nombreux travaux nouveaux ont-ils été présentés au récent colloque\*.

Les matières radioactives présentes dans l'environnement proviennent de plusieurs sources:

- Radioisotopes primordiaux de la famille uranium-thorium, potassium, etc. dans l'écorce terrestre;
- Production continue par les rayonnements cosmiques;
- Production due aux explosions nucléaires;
- Rejets des installations nucléaires.

Ces radionucléides s'introduisent dans divers composants de la nature. Leur radioactivité marque tels et tels composants aux échelons local, régional et mondial, ce qui facilite l'étude des processus physiques, chimiques et biologiques dans la géosphère, l'hydrosphère et la biosphère. Les méthodes de comptage des faibles activités présentent un intérêt tout particulier pour la solution des problèmes d'élimination des déchets nucléaires et pour la prospection des minerais d'uranium.

\* Colloque international sur les méthodes de comptage et de spectrométrie appliquées aux faibles activités, organisé par l'AIEA en coopération avec le Hahn-Meitner Institut für Kernforschung de Berlin-Ouest, 6-10 avril 1981.

Les communications présentées et les discussions ont attesté les grands progrès réalisés depuis quelques années dans la construction d'instruments à faible bruit de fond et à forte sensibilité employés en laboratoire ou sur le terrain. On a pu abaisser les seuils de détection pour tous les radionucléides en employant des matériaux spécialement choisis pour leur faible radioactivité, des écrans anticoincidence et des détecteurs efficaces. On a mis au point des méthodes spéciales d'isolation ou de concentration de certains radionucléides dans des échantillons du milieu. En ce qui concerne les actinides, la spectrométrie des faibles activités peut rivaliser avec l'analyse par activation neutronique.

Un des nouveaux détecteurs présentés au colloque est un spectromètre gamma multicristal à coïncidence muni de six scintillateurs (NaI(Tl)) dont la précision améliorée a fait ses preuves pour la mesure d'Al 26 et de Na 22 dans des échantillons de météorites. On a présenté un

### Le programme du colloque

- Spectrométrie gamma;
- Comptage des particules alpha et bêta de faible activité;
- Détection des actinides;
- Concentration et comptage du tritium;
- Comptage du radiocarbone;
- Techniques à base d'accélérateurs et autres nouvelles méthodes de mesure des faibles activités.

spectromètre gamma à très faible bruit de fond dans lequel un détecteur au germanium intrinsèque est entouré d'une protection anticoïncidence constituée par six cristaux NaI(Tl) et d'un système de détection gamma à coïncidence. Les descriptions de types de spectromètres gamma présentées ont montré l'importance que présente le choix de matériaux faiblement radioactifs pour la construction de tous les dispositifs de comptage des faibles activités.

On possède maintenant des sondes qui peuvent détecter *in situ* des actinides d'une activité ne dépassant pas  $10 \text{ nCi g}^{-1}$ . On s'est servi de sondes gamma des faibles activités pour la diagraphie de forages dans les neiges et les glaces de l'Antarctique et pour la détermination rapide des accumulations annuelles moyennes de neige dans les Alpes françaises. On a utilisé au Japon un spectromètre gamma des faibles activités portatif pour mesurer les radionucléides présents dans les monuments culturels détruits à Hiroshima et Nagasaki.

Les systèmes de collecte et de traitement de l'information ainsi que l'emploi de mini-ordinateurs "en connecté" facilitent les opérations des laboratoires de comptage des faibles activités. Les méthodes chimiques de séparation des éléments et des isotopes, comme par exemple le dosage de Tc 99, ont également réalisé de sérieux progrès. D'autres radioisotopes, tels que Ar 37, Ar 39 et Si 32, qui se présentent en concentrations extrêmement faibles, peuvent désormais être comptés en abaissant les bruits de fond des détecteurs jusqu'à leurs

extrêmes limites inférieures dans des chambres de comptage souterraines spéciales. La baisse des concentrations de tritium dans l'environnement a favorisé la mise au point de cellules d'enrichissement plus grandes et de compteurs à scintillateur liquide plus sensibles.

Pour les mesures de C 14, on obtient une réduction au minimum du bruit de fond en ayant recours à des écrans anticoïncidence perfectionnés. On peut désormais dater des échantillons d'un milligramme grâce à des compteurs proportionnels de très faible volume ou bien par spectrométrie de masse des faisceaux d'ions accélérés. Ceci permet aujourd'hui la datation au radiocarbone d'objets présentant une grande valeur culturelle ou archéologique ainsi que d'échantillons de très faibles dimensions (en océanographie, en glaciologie, en recherche environnementale). De nos jours, on peut analyser un échantillon de quelques grammes seulement de carbone au moyen d'appareils de haute précision avec une erreur de 0,15 pour cent.

De nouvelles techniques ont été adoptées dans le domaine de la mesure des faibles activités, notamment par l'emploi de la spectrométrie de masse pour la détermination du rapport entre les isotopes  $^3\text{He}$  et  $^4\text{He}$  et par conséquent le dosage du tritium. On a présenté des techniques de fluorescence induite par laser assez sensibles pour détecter de faibles traces d'uranium (jusqu'à  $10^{-4}$  parties par milliard) dans des échantillons d'eau. On peut désormais dater des sédiments par la méthode de l'analyse des traces de particules pour le thorium 230 et le plomb 210.