

La formation en physique et chimie

Les laboratoires de l'AIEA reçoivent des stagiaires de pays en développement

par A.A. Abdel-Rassoul

Le laboratoire de physique, de chimie et d'instrumentation (PCI) de Seibersdorf (Autriche) s'occupe de la formation de jeunes scientifiques et techniciens venus de pays en développement. L'enseignement couvre plusieurs disciplines dont les méthodes nucléaires et les techniques associées sont le dénominateur commun.

Au programme, les sujets suivants: surveillance et protection de l'environnement, chimie analytique, contrôle de la pureté des matières nucléaires, dosimétrie, hydrologie isotopique, électronique et instrumentation nucléaires, programmation informatique et maintenance. Le laboratoire organise en outre des cours collectifs de plusieurs mois pour des titulaires de bourses de perfectionnement, ainsi que des stages en cours d'emploi d'une durée de deux mois à un an.

Le programme de ces stages comporte quatre disciplines: la chimie, l'instrumentation nucléaire, la dosimétrie et l'hydrologie isotopique, qui correspondent aux diverses sections du laboratoire.

Chimie

La section de chimie assiste les programmes de l'AIEA en fournissant divers services d'analyse et en assurant une formation destinée à des chimistes analystes de pays en développement. Cette formation aux méthodes les plus modernes de microanalyse nucléaire et autre comporte le dosage des éléments traces présents dans diverses substances minérales, substances biologiques et denrées alimentaires, éléments combustibles, sols, roches et minéraux, eaux de pluie et autres eaux naturelles, ainsi que la détermination des contaminants radioactifs des denrées alimentaires et des matières de l'environnement.

Actuellement, l'effort porte sur le dosage des éléments traces et des radionucléides dans des échantillons de matières biologiques et environnementales: denrées alimentaires, régime alimentaire total, précipitations, filtres à air, matériel végétal et sols. Des échantillons minéralogiques sont aussi analysés pour en déterminer la composition en éléments principaux et secondaires.

Dans ce domaine, la section de chimie assure la formation et dirige la recherche concernant l'emploi des diverses techniques et fournit à plusieurs laboratoires d'analyse des services de contrôle de la qualité dans les spécialités suivantes:

Analyse par activation neutronique. Les éléments traces de différentes matrices sont déterminés par analyse par activation neutronique (AAN) dans le réacteur ASTRA du Centre autrichien de recherche de Seibersdorf, suivie d'un traitement radiochimique et/ou d'un examen spectrométrique. Divers types de détecteurs et instruments de mesure sont utilisés pour le dosage individuel des produits d'activation assisté par spectrométrie informatisée. Les seuils de détection se situent entre 1 et 100 nanogrammes/gramme pour la plupart des éléments traces présents dans les denrées alimentaires ou l'environnement.

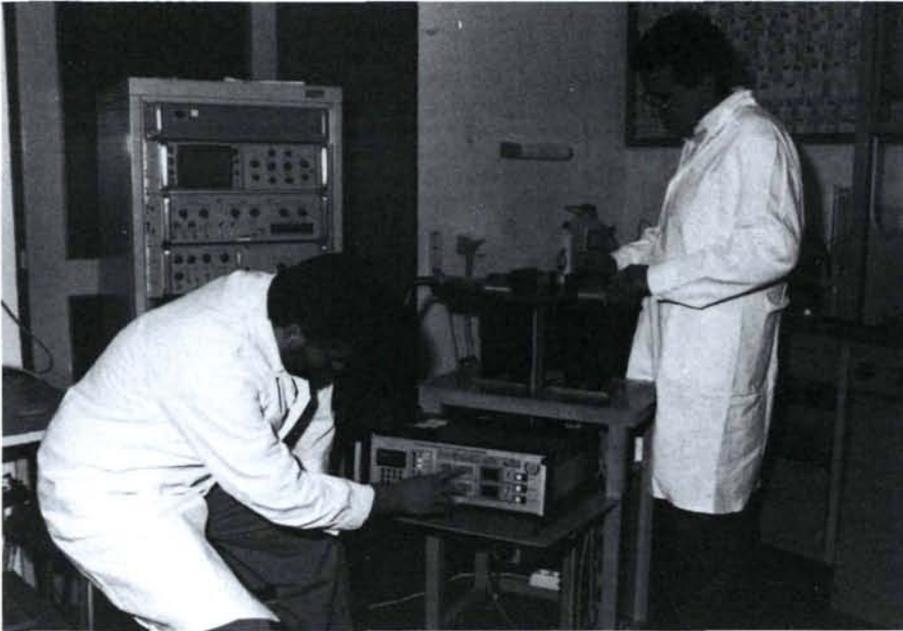
Fluorimétrie. La fluorimétrie classique ou au laser est utilisée pour doser les traces d'uranium dans différentes eaux, matières biologiques, denrées alimentaires et échantillons de minéraux. Le seuil de détection est de l'ordre de 0,05 nanogramme/g pour les échantillons d'eau et de 0,05 microgramme/g dans la plupart des minéraux.

Spectrométrie d'absorption atomique. La section possède un spectrophotomètre d'absorption atomique équipé d'un microprocesseur connecté aux circuits d'affichage, d'un atténuateur automatique du bruit de fond (lampe au deutérium) et d'un circuit de traitement du signal et des données. Cet ensemble sert surtout au dosage des traces d'éléments chimiques par la méthode du four au graphite et de la vapeur froide, et au dosage des métaux susceptibles d'hydruration par divers procédés de séparation des hydrures.

Spectroscopie d'émission du plasma couplé par induction. L'instrument dont dispose la section de chimie comporte un spectromètre d'émission permettant de faire des mesures simultanées et séquentielles. Le polychromateur est adapté pour la mesure simultanée de 18 éléments. Le monochromateur peut servir pour pratiquement tous les éléments de la classification périodique.

Mesure de la radioactivité. La formation comporte aussi l'emploi des divers types de spectromètres pour la

M. Abdel-Rassoul est chef du laboratoire PCI. Les chefs des sections de chimie, d'instrumentation, de dosimétrie et d'hydrologie isotopique ont collaboré à la rédaction de cet article.



Contrôleur avec microprocesseur associé à un densimètre de sol, conçu par un stagiaire et réalisé par la section d'instrumentation du laboratoire de physique, chimie et instrumentation.

mesure des faibles activités de différents radionucléides, comme c'est le cas lorsqu'il s'agit de détecter la contamination des denrées alimentaires et de l'environnement, de déterminer la radioactivité naturelle (familles de l'uranium, du radium et du thorium) dans des échantillons de sols et de roches, ou de mesurer les radio-isotopes produits par irradiation. Les instructeurs ont à leur disposition un matériel complet de spectrométrie gamma, de comptage à scintillateur liquide, de comptage alpha-bêta par scintillation, et de spectrométrie et comptage alpha, et divers appareils de mesure de la radioactivité, notamment des analyseurs multicanaux, des détecteurs et des spectromètres.

Services de contrôle de la qualité pour les laboratoires d'analyse. La section de chimie fait aussi la démonstration du contrôle de la qualité en organisant des comparaisons entre plusieurs laboratoires d'analyse. L'AIEA assure depuis 1959 des services de contrôle de la qualité des analyses qui consistent à préparer des matières de référence pour les distribuer à divers laboratoires de ses Etats Membres, lesquels les utilisent constamment pour mesurer les faibles niveaux de radioactivité, analyser des spectres, doser les éléments secondaires ou à l'état de trace, déterminer les rapports des isotopes stables et analyser certains composés organiques dans diverses matrices.

Dans tous les cas, et selon le niveau de connaissances et l'expérience professionnelle du stagiaire, il est possible d'étudier un problème particulier, par exemple comment prélever et traiter des échantillons en vue d'améliorer les seuils de détection.

Instrumentation nucléaire

La section de l'instrumentation propose des stages individuels et une formation en groupe qui permettent à des techniciens et ingénieurs électroniciens d'Etats Membres en développement de se familiariser avec

l'étude de circuits, le montage et l'emploi des instruments de mesure des rayonnements, les essais, la maintenance et la réparation du matériel.

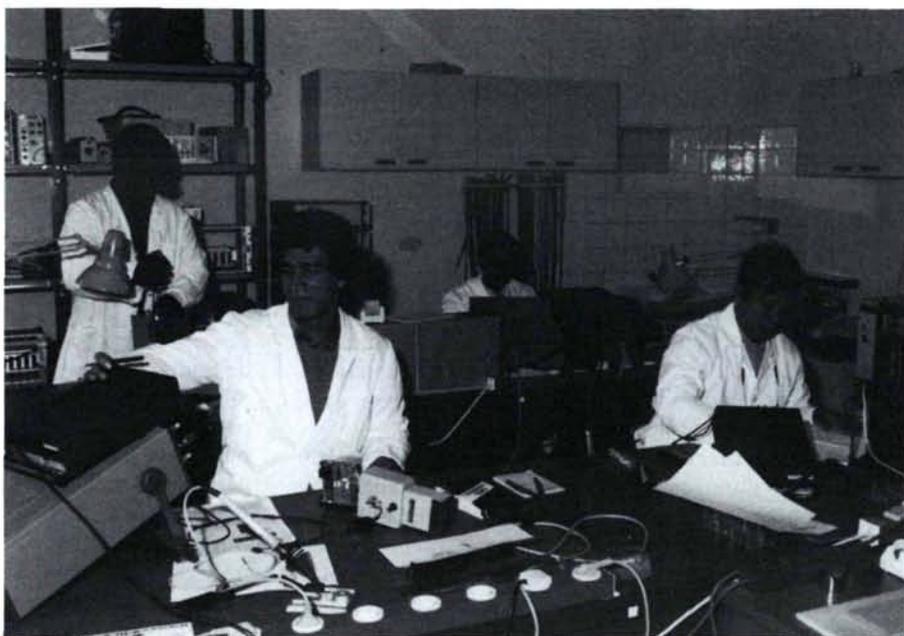
Les stages individuels ont été inaugurés en 1980 et, actuellement, plus de 80% des candidats agréés par la Division de l'assistance et de la coopération techniques ont pu être pris en charge par la section. L'instruction est adaptée aux besoins et aux compétences techniques de chaque stagiaire. Les boursiers commencent par étudier les principes et le maniement des instruments électroniques nucléaires, ainsi que l'emploi des appareils de contrôle et de l'outillage. On leur inculque ensuite les connaissances indispensables à la conception et au montage de divers types courants d'instruments de mesure des rayonnements.

Sous la surveillance constante de leurs instructeurs, les stagiaires apprennent aussi à concevoir et à construire des instruments plus élaborés lorsqu'ils ont assimilé les principes des microprocesseurs et savent mettre en forme les logiciels et les programmes.

A titre d'exemple, un stagiaire est récemment parvenu à réaliser un contrôleur basé sur microprocesseur utilisable pour la mesure de la densité des sols par atténuation de l'émission gamma du césium 137 et de l'américium 241. Un autre stagiaire a conçu et construit un contrôleur de bioxyde de radiocarbonate, actuellement utilisé pour un projet de coopération technique au Pakistan, ainsi qu'un générateur de bruits destiné à l'enseignement de la maintenance de l'instrumentation nucléaire.

Depuis 1983, 21 boursiers de 18 pays ont suivi des stages individuels. Chaque année, quatre à six stagiaires sont acceptés pour des périodes de 6 à 12 mois. Cette formule exige un long effort de surveillance et de conduite du travail, mais les stagiaires acquièrent suffisamment d'expérience pour devenir à leur tour instructeurs lorsqu'ils sont de retour dans leur pays.

Il y a deux ans, des stages collectifs de maintenance de l'instrumentation de spectroscopie nucléaire ont été



Cours de maintenance des appareils de spectroscopie nucléaire.

institués à l'intention des boursiers afin de répondre aux demandes toujours plus nombreuses de formation de spécialistes émanant de plusieurs pays en développement, et de maintenir dans ces pays une capacité suffisante de maintenance et de réparation. Cette initiative optimise l'enseignement offert par le laboratoire. Les stages groupent six à huit boursiers et ne durent que six mois. Le programme porte plus spécialement sur l'instrumentation nucléaire, y compris les appareils basés sur ordinateurs que la plupart des laboratoires principaux de recherche et développement utilisent pour leurs mesures spectroscopiques. Il comporte aussi le déverminage de toute une série d'instruments du commerce, tels les détecteurs semi-conducteurs, préamplificateurs, amplificateurs, boîtiers d'alimentation à basse et haute tension, analyseurs multicanaux avec microprocesseur, ainsi que l'analyse des plans graphiques et des schémas de circuits de divers appareils de spectroscopie fabriqués en usine, sans oublier l'emploi, l'entretien et le dépannage des instruments de mesure.

Lorsque les boursiers connaissent l'essentiel du mode d'emploi et d'entretien des détecteurs et des microprocesseurs et autres composants informatiques, tant analogiques que numériques, il leur est facile de réparer d'autres types de matériels électroniques nucléaires, tels ceux qui sont utilisés par la plupart des établissements de recherche et autres laboratoires, ou encore en médecine nucléaire, agriculture, radioprotection et hydrologie.

La formation en cours d'emploi de certains boursiers est parfois prolongée.

Organisé avec la collaboration de la section des bourses de la Division de l'assistance et de la coopération techniques, le premier stage collectif de boursiers a débuté en novembre 1987 avec quatre participants venus de Birmanie, d'Algérie, du Kenya et du Bangladesh. Le prochain est prévu pour huit boursiers et commencera en octobre 1988.

Dosimétrie

Sous la direction de la section de dosimétrie du Siège de l'AIEA, la section de dosimétrie du laboratoire de Seibersdorf centralise les opérations du réseau AIEA/OMS de laboratoires secondaires d'étalonnage pour la dosimétrie créé en 1976. Le réseau groupe plus de 50 laboratoires homologués dans le monde entier, dont 40 dans des Etats Membres en développement. A Seibersdorf, le travail consiste à conserver les étalons secondaires, effectuer des étalonnages et des irradiations de référence à l'intention des laboratoires du réseau, mettre au point de nouveaux appareils et procédés de normalisation des étalons secondaires, former des boursiers, organiser des comparaisons de doses et évaluer les lectures des dosimètres à thermoluminescence et des chambres d'ionisation et, enfin, fournir des services d'experts à l'appui des projets d'assistance technique de l'AIEA.

Dans son rôle de laboratoire central du réseau, la section est très axée sur les services destinés aux laboratoires associés et accorde une grande importance à la formation.

Deux stages de deux mois sont organisés chaque année à l'intention de jeunes scientifiques du réseau qui viennent s'initier à la théorie et à la pratique de la normalisation des techniques de mesure des rayonnements ionisants. Jusqu'à quatre participants sont acceptés dans chaque stage et leur programme est adapté au niveau technique du laboratoire qui les envoie pour ce qui est des opérations de normalisation et du contrôle et de l'assurance de la qualité.

L'enseignement comporte en outre trois degrés afin de tenir compte des divers niveaux d'instruction et domaines d'intérêt des boursiers. Le premier degré s'adresse aux jeunes scientifiques et présente les techniques et instruments utilisés en dosimétrie. Le deuxième degré enseigne aux opérateurs des techniques spécifiques d'étalonnage et de mesure. Le troisième

degré concerne les professionnels déjà très expérimentés et les perfectionne dans certains domaines précis de la dosimétrie.

Les sujets suivants sont traités:

Chambres d'ionisation. Détermination de la réponse des chambres d'ionisation en fonction des énergies comprises entre celle des rayons X de 10 kV et celle des rayons gamma du cobalt 60 (étalonnage dans l'air et dans un fantôme); détermination de la dose absorbée à l'aide de chambres d'ionisation; détermination de la qualité des rayonnements X de faible et forte intensité par la mesure de la couche de demi-atténuation; techniques et méthodes de contrôle et d'assurance de la qualité; vérification de la performance et étalonnage des dosimètres de radioprotection.

Dosimétrie à thermoluminescence. Réponse des substances thermoluminescentes en fonction de l'énergie; présentation et démonstration des caractéristiques physiques des dosimètres thermoluminescents (dépendance de l'énergie, rendement, stabilité, méthodes de nettoyage et de recuit, étendue de mesure, courbes de réponse, etc.); exposé du système AIEA/OMS de comparaison de doses par correspondance pour le cobalt 60 et les rayons X; utilisations en radioprotection (surveillance radiologique individuelle), en radiothérapie et pour la mesure des fortes doses.

Dosimétrie chimique des moyennes et fortes doses. Système dosimétrique de Fricke; préparation de la solution de Fricke et lecture des dosimètres irradiés; système à l'éthanol-monochlorobenzène; lecture des ampoules-dosimètres irradiés.

Hydrologie isotopique

Le laboratoire d'hydrologie isotopique, installé au Siège de l'AIEA, participe aux projets de coopération technique, aux contrats de recherche et au réseau mondial de surveillance des isotopes des précipitations.

La section d'hydrologie se charge de l'analyse des échantillons d'eau envoyés par les équipes des projets et des contrats de recherche et par les stations du réseau, maintient un stock d'étalons pour distribution, participe à l'installation de laboratoires d'hydrologie isotopique, à la normalisation de nouvelles méthodes de mesure, à

l'organisation de comparaisons et à la formation de boursiers de pays en développement.

Le matériel d'analyse ci-après est disponible pour la formation en cours d'emploi:

- Système de dosage du tritium de l'eau comportant deux groupes d'enrichissement électrolytique, un spectromètre à scintillateur liquide et un ensemble de comptage à gaz (deux compteurs proportionnels avec électronique associée).
- Système de dosage du carbone 14 de l'eau comportant un précipitateur de carbonates, une chaîne de conversion des carbonates en méthane et un ensemble de comptage proportionnel à gaz pour faibles activités.
- Deux spectromètres de masse avec chaînes de préparation, pour la détermination des rapports isotopiques du deutérium et de l'oxygène 18 dans l'eau et du carbone 13 dans les carbonates.
- Un laboratoire de chimie de l'eau pour l'analyse des échantillons (pH, conductibilité, anions, éléments traces). Le laboratoire dispose d'un spectrophotomètre d'absorption atomique, d'un chromatographe ionique en phase liquide et d'un spectrophotomètre dans l'ultra-violet et le visible.

Ici encore, la formation est adaptée au niveau d'instruction du boursier et à la spécialisation qu'il recherche. Elle consiste généralement à lui montrer comment préparer les échantillons d'eau en vue des différentes sortes d'analyse isotopique et comment utiliser et entretenir les spectromètres de masse, les spectromètres à scintillateur liquide et les compteurs à gaz. On lui apprend également l'essentiel de ce qu'il faut savoir sur l'évaluation et le traitement statistique des valeurs mesurées, les sources d'erreur que comporte la mesure des faibles activités et les procédures de normalisation.

De trois à sept boursiers reçoivent chaque année une formation individuelle au laboratoire d'hydrologie isotopique pendant des périodes de deux semaines à six mois. En outre, une formation pratique aux applications des isotopes en hydrologie est prévue pour les participants aux stages collectifs.

Par ailleurs, un cours supérieur sur les méthodes d'analyse isotopique est prévu pour 1990 à l'intention du personnel des laboratoires d'hydrologie isotopique environnementale de pays en développement.

