EMPLOI DU TRITIUM EN PHYSIQUE ET EN BIOLOGIE

Depuis quelques années, l'emploi du tritium (radioisotope de l'hydrogène) comme instrument de recherche en chimie, physique, biologie, météorologie et hydrologie n'a cessé de se développer. Le tritium, ou un composé chimique contenant du tritium, peut servir d'indicateur pour l'étude de sujets très divers, tels que les processus biologiques et le métabolisme. On peut aussi l'utiliser pour étudier les effets des rayonnements sur les plantes et les animaux, ou encore la nature des régulateurs biochimiques comme les vitamines et les hormones. En hydrologie, il présente un grand intérêt pratique en permettant l'étude des eaux souterraines, dont l'importance est évidente pour l'irrigation dans les zones arides et semi-arides.

On peut faire avec le tritium ou les composés tritiés des études et des recherches de plus en plus variées, et leurs résultats conduisent fréquemment à une meilleure connaissance de nombreux phénomènes physiques et biologiques. Divers aspects de la détection du tritium et de son emploi en physique et en biologie ont été examinés lors d'un colloque international qui s'est tenu à Vienne du 3 au 10 mai 1961. Environ 270 spécialistes, représentant 27 pays et cinq organisations internationales, ont participé à ce colloque, qui était organisé par l'Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA) en coopération avec la Commission mixte de la radioactivité appliquée, du Conseil international des Unions scientifiques (CIUS). Soixante-cinq mémoires traitant de nombreuses questions particulières ont été soumis et discutés; ils étaient groupés sous les rubriques suivantes : Distribution du tritium dans la nature; Méthodes d'enrichissement et applications en hydrologie; Le tritium en chimie et en physique; Détection et comptage du tritium; Préparation de composés tritiés; Emploi du tritium et de composés tritiés dans les études biologiques.

Dans son allocution d'ouverture, le Directeur général de l'AIEA, M. Sterling Cole, a souligné que ce colloque était la première réunion internationale consacrée à l'examen des progrès accomplis dans l'emploi du tritium en physique et en biologie. Il a fait remarquer que certains des mémoires soumis au colloque avaient trait à des travaux auxquels l'Agence apporte elle-même une contribution effective; il a mentionné, en particulier, les études sur la distribution du tritium dans la nature et l'emploi du tritium en hydrologie. En collaboration avec l'Organisation météorologique mondiale (OMM), l'AIEA a entrepris une enquête mondiale sur la concentration des isotopes de l'hydrogène et de l'oxygène dans les eaux de pluie, en vue d'étudier le cycle de l'eau dans diverses parties du monde. L'Agence utilise également le tritium pour tenter de résoudre certains problèmes relatifs aux eaux souterraines en Grèce.

Le tritium dans la nature

La première journée du colloque a été consacrée à des échanges de vue sur la distribution du tritium dans la nature, les méthodes d'enrichissement et les applications en hydrologie.

Willard Libby, savant américain bien connu, a fait sur la géophysique du tritium un exposé fondé sur des données nouvelles, obtenues en étudiant, au moyen de mesures effectuées sur un choix d'échantillons récents d'eaux de pluie, de surface et souterraines, le mouvement du tritium libéré dans la nature à la suite des essais thermonucléaires. Il semble que la méthode de dosage du tritium utilisée pour ces mesures puisse être employée avec succès dans les diverses branches de la géophysique, notamment en météorologie, en océanographie et en hydrologie.

M. Libby a souligné qu'il faudrait faire dès maintenant des prélèvements d'eau en vue de l'étude de questions qui se poseront à l'avenir. (L'enquête entreprise par l'AIEA en collaboration avec l'OMM répond à un besoin de cet ordre.) En particulier, pour suivre le mouvement du tritium libéré par les bombes, il faudrait recueillir, selon un plan soigneusement établi, des eaux de pluie, de rivières et de lacs, ainsi que des échantillons prélevés sur toute la surface des océans.

Les études sur la teneur en tritium des eaux de pluie, effectuées au cours des dernières années,

M. Willard F. Libby préside une séance du colloque

ont donné une idée générale de la circulation du tritium libéré dans l'atmosphère à la suite des explosions thermonucléaires. Toutefois, certains points importants restent controversés et ne sont pas encore résolus, par exemple : l'ampleur des échanges entre le tritium atmosphérique et les eaux des continents et des océans; le taux de descente dans le troposphère d'eau tritiée provenant d'un réservoir stratosphérique.

Un mémoire soumis par R. Gat, U. Karfunkel et A. Nir (Israël) a apporté sur ces points des précisions obtenues en mesurant la teneur en tritium des eaux de pluie de la région de la Méditerrannée orientale.

C. W. Carlston et L. Thatcher (Etats-Unis d'Amérique) ont signalé que le tritium provenant de la série d'essais thermonucléaires de 1958 constituait un moyen utile d'étudier le mouvement de l'humidité atmosphérique originaire de l'océan Pacifique et sa répartition sur le territoire des Etats-Unis. Le Service géologique des Etats-Unis a entrepris en 1958 une étude sur la teneur en tritium des eaux de pluie pour déterminer ce mouvement.

MM. Carlston et Thatcher ont également signalé qu'au printemps de 1961, une étude sera effectuée aux Etats-Unis en utilisant l'eau tritiée comme indicateur. L'emplacement choisi est le lac McMillan, réservoir de faible profondeur situé sur le fleuve Pecos près de Carlsbad (Nouveau Mexique). Le fond de ce lac laisse échapper de grandes masses d'eau, qui alimentent un réservoir souterrain. L'eau contenue dans ce réservoir se déverse par des sources dans le lit du fleuve Pecos, à quelque 5 kilomètres en aval du lac. De l'eau tritiée servant d'indicateur sera répandue dans le lac, et son mouvement à travers le réservoir souterrain jusqu'à sa sortie par les sources sera déterminé au moyen d'échantillons prélevés dans les sources elles-mêmes et dans des forages de contrôle creusés entre les sources et le lac. Ce mouvement, joint à d'autres données, permettra d'estimer la capacité du réservoir souterrain, ainsi que le débit des eaux dans ce système.

W. Kaufman et D. Todd (Etats-Unis d'Amérique) on décrit les recherches auxquelles ils ont procédé dans le canal Madera (Californie), pour étudier les techniques d'évaluation des pertes par infiltration qui se produisent dans les canaux. Ces recherches ont consisté à déposer du tritium en un point du canal et à observer son arrivée aux forages de contrôle.

Détection et comptage du tritium

Le tritium existant sur le globe terrestre est dû aux interactions des rayons cosmiques avec l'oxygène et l'azote atmosphériques et, plus récemment, aux essais de bombes nucléaires. Toutefois, en raison du mélange rapide de cet isotope avec les grandes quantités d'eau et d'hydrogène qui se trouvent en phase gazeuse dans l'atmosphère, les échantillons naturels ont une activité spécifique très faible. D'autre part, le tritium, se désintégrant par émission de particules bêta d'énergie extrêmement faible, n'est pas aisé à détecter. Pour ces deux raisons, il est assez difficile de faire des mesures précises du tritium existant dans la nature. Les différentes techniques et méthodes de détection et de comptage du tritium exposées au cours du colloque présentent donc un grand intérêt.

J. Sharpe et V. Stanley (Royaume-Uni), dans un mémoire décrivant un modèle perfectionné de tubes photomultiplicateurs pour le comptage à scintillations, ont rendu compte d'une réalisation intéressante qui pourra rendre le comptage du tritium plus simple et plus sûr.

De leur côté, deux spécialistes britanniques, I. S. Boyce et J. F. Cameron, ont exposé une méthode de dosage de l'eau tritiée de faible activité spécifique. D'autres spécialistes ont fait part des résultats d'une étude à laquelle ils ont procédé sur un dispositif de comptage à scintillations utilisant un scintillateur liquide. A leur avis, l'emploi de tels scintillateurs constitue une méthode plus efficace que toutes les autres techniques connues pour la détection courante du tritium de faible activité. D'autres mémoires ont traité de la mesure des niveaux du tritium naturel dans les matières biologiques.

Plusieurs mémoires ont été consacrés aux méthodes de préparation des composés tritiés. En 1957, K. Wilzbach, du Laboratoire national d'Argonne (Etats-Unis d'Amérique), avait signalé que l'on pouvait introduire du tritium dans des composés organiques en les exposant au tritium en phase gazeuse; depuis lors, cette technique a servi à marquer des centaines de composés. Elle a été employée pour des gaz, des liquides, des solides, et a permis le marquage de composés aussi simples que le méthane et aussi complexes que l'insuline. Dans presque tous les cas, on a trouvé du tritium dans le composé, mais le marquage a constamment entrainé la présence de tritium dans un certain nombre des sous-produits. L'auteur de cette méthode a signalé, dans un mémoire, les difficultés considérables qu'il a parfois fallu surmonter pour faire disparaître ces impuretés et obtenir un produit radiochimiquement pur. Il a fait le bilan des résultats de la méthode, en vue d'en définir le domaine d'application efficace et de fournir des indications sur les conditions d'exposition et les procédés de purification.

Plusieurs spécialistes d'Allemagne (République fédérale), d'Australie et des Etats-Unis ont présenté des mémoires où ils soulignaient l'utilité de la méthode de Wilzbach et étudiaient le marquage au tritium de composés organiques ainsi que certaines propriétés des composés tritiés.

Etudes biologiques

L'emploi du tritium comme indicateur pour les études biologiques s'est révélé avantageux en raison de la facilité avec laquelle on peut faire la synthèse de composés ayant une activité spécifique élevée; il est ainsi possible d'introduire de simples traces de composés marqués, ce qui entraine le minimum de perturbations pour les niveaux physiologiques. En outre, la période du tritium étant relativement brève, son emploi dans les études métaboliques chez l'homme comporte une plus grande marge de sécurité. Les inconvénients sont l'instabilité éventuelle du composé marqué et la difficulté de doser le tritium; cette dernière difficulté est d'ailleurs maintenant résolue dans une grande mesure

grâce aux nouvelles méthodes de détection et de comptage.

Dans les études biologiques où le tritium sert d'indicateur, notamment celles où l'on utilise de l'eau tritiée, il se produit fréquemment un échange entre le tritium et les atomes ordinaires d'hydrogène. Cet échange nuit très souvent à la précision et parfois à l'interprétation des résultats de l'expérience.

W. Siri (Etats-Unis) a rendu compte d'études comportant des mesures directes sur des rats, des cobayes, des pigeons et des lapins. Après avoir administré de l'eau tritiée par voie intraveineuse ou buccale, on a déterminé le renouvellement du tritium d'après la concentration de ce dernier dans le sang. Les constatations préliminaires ont indiqué que la correction à apporter pour tenir compte de l'échange hydrogène-tritium dépend, dans une certaine mesure, de la durée pendant laquelle l'eau tritiée s'est trouvée dans l'animal - ou l'être humain - et peut-être aussi de l'espèce à laquelle appartient l'animal, ainsi que de son degré d'obésité.

O. Okita et J. L. Spratt (Etats-Unis d'Amérique) ont signalé que l'emploi, répandu depuis peu, de composés tritiés dans les études biologiques impose aux chercheurs la nécessité de vérifier la stabilité de ces composés en tant qu'indicateurs. Même en purifiant les composés marqués jusqu'à ce que l'on parvienne à une activité spécifique constante, on n'exclut pas la possibilité d'échanges tritium-hydrogène dans un système biologique.

D'autres mémoires présentés par des spécialistes d'Allemagne (République fédérale), de Belgique, des Etats-Unis, de France, d'Italie et du Royaume-Uni ont porté sur les emplois généraux du tritium en biologie, sur la synthèse de composés biologiques tritiés et sur les effets des rayonnements du tritium.

D. Marrian (Royaume-Uni) a étudié dans un mémoire le traitement du cancer au moyen d'un produit pharmaceutique tritié connu sous le nom de synkavit. Ce composé se concentre par prédilection dans le tissu tumoral, de sorte que les rayonnements émis agissent principalement sur ce tissu et n'atteignent pas les organes indemnes proches de la tumeur. M. Marrian a indiqué que sur une quarantaine de tumeurs avancées traitées au synkavit tritié, une amélioration temporaire avait été constatée dans 12 cas au moins. Toutefois, il a souligné qu'on ne devrait pas exagérer l'importance de ces résultats et a ajouté que de nouvelles recherches étaient en cours.

B. Schultze et W. Maurer (République fédérale d'Allemagne) ont soumis un mémoire sur la distribution et le métabolisme de la thymidine tritiée et des composés de la même famille, qui servent à étudier le métabolisme des cellules.

Parmi les sujets des autres mémoires, on peut citer l'autoradiographie du tritium dans la biologie des cellules, l'emploi de composés pour l'étude du métabolisme des acides nucléiques et des protéines dans les cellules de la moelle osseuse, différents emplois du tritium comme indicateur pour l'étude du métabolisme des cellules.

Bilan des travaux

Il ressort des mémoires présentés au cours des dix séances scientifiques du colloque que l'utilité des techniques d'emploi du tritium comme indicateur en hydrologie et météorologie, aussi bien qu'en physique et en chimie, est maintenant établie. Le tritium rend également des services en biologie, car il se prête facilement au marquage de très nombreux composés intervenant dans le métabolisme, comme les hormones, les vitamines et autres éléments constitutifs importants de l'organisme. Le tritium présente en outre l'avantage d'émettre des rayonnements bêta de faible énergie ; l'autoradiographie des tissus et des cellules isolées contenant des composés tritiés permet ainsi une excellente localisation de l'indicateur.

A la séance de clôture, M. Henry Seligman, Président de la Commission mixte de la radioactivité appliquée et le Directeur général adjoint de l'AIEA chargé de la recherche et des isotopes, a souligné que dans de nombreux cas le tritium ne peut être remplacé par aucun autre nucléide permettant de faire les mêmes mesures avec le même degré d'exactitude. Il a ajouté : "Indépendamment des multiples applications du tritium, les plus récents progrès dans la détermination de cet isotope par les méthodes de scintillation ont sans doute contribué à répandre son emploi dans les sciences physiques et biologiques".

M. Richard L. Doan, éminent expert américain en énergie atomique, est arrivé à Ankara au début de juin pour conseiller le Gouvernement turc dans l'élaboration de ses programmes d'énergie atomique. M. Doan (à gauche sur la photo), qui a accepté ces fonctions dans le cadre du programme d'assistance technique de l'Agence, s'entretient avec le Directeur général, M. Sterling Cole, au siège de l'Agence, à Vienne, avant de gagner Ankara