

Développer une infrastructure nucléaire: le besoin de constantes nucléaires

par J.J. Schmidt et A. Lorenz*

Les constantes nucléaires sont des constantes numériques qui décrivent le comportement nucléaire de tous les éléments et isotopes qui composent l'environnement humain. Elles sont indispensables aux chercheurs et aux ingénieurs pour résoudre les problèmes nucléaires. Les chercheurs et les ingénieurs qui conçoivent des réacteurs nucléaires à fission et à fusion utilisent le plus souvent les constantes relatives aux sections efficaces de neutrons. Les spécialistes des sciences nucléaires et non nucléaires utilisant des méthodes nucléaires (sciences physiques, pédologie, biologie, sciences humaines, industrie et agriculture), ont surtout besoin de manuels exhaustifs et à jour et de fichiers informatisés de constantes relatives à la structure du noyau et à la décroissance radioactive. Tous les chercheurs et les industries qui dans le monde travaillent dans le domaine des sciences et des techniques nucléaires ont besoin de constantes nucléaires. Par conséquent, les progrès dans le domaine des sciences et des techniques nucléaires dépendent de la disponibilité en constantes nucléaires précises.

La technologie des constantes nucléaires comprend la mesure, l'évaluation et le calcul théoriques, et le traitement des constantes nucléaires. Elle constitue une partie de l'infrastructure indispensable à tous les pays qui possèdent ou élaborent un programme nucléaire.

Le coût de production de ces informations étant très élevé et la technologie nécessaire au traitement des données faisant défaut à la plupart des pays en développement, l'AIEA, en coopération avec les pays avancés dans le domaine nucléaire, se charge de fournir les services requis en matière de constantes nucléaires. De même, l'Agence contribue à développer l'infrastructure nucléaire des pays en développement en transférant systématiquement les connaissances et la technologie nécessaires pour exploiter et traiter efficacement les constantes nucléaires.

La Section des constantes nucléaires de l'Agence, secondée par un réseau international de centres de constantes nucléaires, a pris l'initiative de créer au cours des deux dernières décennies un système international de compilation, d'échange et de diffusion des constantes nucléaires. Actuellement plus de 70 pays y contribuent et profitent de ces échanges internationaux de données informatisées qui permettent de mettre à la disposition de tout chercheur ou ingénieur nucléaire dans le monde, sous la forme désirée, des constantes nucléaires à jour, la documentation qui s'y rapporte et des programmes de traitement des données.

* M. Schmidt est Chef de la Section des constantes nucléaires de la Division de la recherche et des laboratoires. M. Lorenz est Chef adjoint de la Section des constantes nucléaires.

Répondre aux besoins en constantes nucléaires

Pour répondre à la demande de constantes nucléaires fiables et librement disponibles, l'Agence a créé en 1964 le programme de constantes nucléaires au sein du Département de la recherche et des isotopes. On a commencé par développer, en coopération avec les programmes nationaux de constantes nucléaires existants, la collecte et l'échange systématique de constantes nucléaires au niveau mondial et par mettre en place progressivement des services de diffusion à l'intention des utilisateurs dans les Etats Membres.

Par cet accord de coopération, l'AIEA a accepté de partager la responsabilité de fournir des services en matière de constantes nucléaires avec trois autres centres régionaux de constantes nucléaires: le Centre de compilation de données neutroniques de l'Agence de l'OCDE pour l'énergie nucléaire (AEN) (qui fait partie maintenant de la Banque de données de l'AEN) situé à Saclay (France), desservant surtout les pays développés d'Europe de l'Ouest et le Japon, le Centre national de recherche sur les sections efficaces neutroniques (devenu Centre national des constantes nucléaires) du Laboratoire national de Brookhaven (Etats-Unis) qui dessert les Etats-Unis et le Canada, et le Centre de constantes nucléaires d'URSS, qui fait partie de l'Institut de physique et d'énergétique d'Obninsk et qui dessert l'URSS. La Section des constantes nucléaires de l'AIEA dessert surtout les pays en développement d'Asie, d'Afrique et d'Amérique latine, les pays d'Europe de l'Est (à l'exception de l'URSS), l'Australie et la Nouvelle-Zélande.

En 1967, l'Agence a mis sur pied le Comité international des constantes nucléaires, organe consultatif permanent, pour promouvoir la coopération internationale à tous les stades des activités relatives aux constantes nucléaires présentant un intérêt général pour les programmes d'énergie nucléaire ainsi que pour les autres applications pacifiques des sciences et des techniques nucléaires, et pour conseiller le Directeur général en matière de constantes nucléaires. En plus de ses fonctions consultatives, le Comité a collaboré étroitement avec la Section des constantes nucléaires, qu'il s'agisse d'évaluer les besoins mondiaux en constantes nucléaires ou encore de coordonner la mesure et le calcul des constantes, et leur collecte, leur échange et leur diffusion aux utilisateurs.

Depuis le milieu des années 70, des changements sont intervenus qui ont entraîné un accroissement continu des demandes de services de l'Agence en matière de constantes nucléaires, de plus en plus d'Etats Membres en développement s'intéressant aux applications pacifiques des sciences et des techniques nucléaires. Plusieurs Etats Membres en développement ont commencé ces dernières années à développer leur

propre technologie en matière d'énergie nucléaire et de cycle du combustible et un plus grand nombre encore à utiliser les techniques nucléaires, les rayonnements nucléaires et les isotopes dans la science et l'industrie.

Plusieurs Etats Membres en développement sont intéressés par les techniques nucléaires, parce qu'ils exploitent déjà ou projettent de construire des centrales nucléaires, et ont besoin de spécialistes des techniques nucléaires et de la gestion du combustible nucléaire chargés de déterminer les options énergétiques futures de leur pays. Un plus grand nombre encore de ces pays appliquent les techniques nucléaires dans des domaines tels que la médecine, la préservation des denrées alimentaires, la radioprotection, l'exploration géologique, l'industrie et dans bien d'autres domaines essentiels. De nombreux spécialistes sont nécessaires pour permettre à ces pays de tirer pleinement parti de ces techniques.

A mesure qu'ils progressent sur le plan technique, de plus en plus de pays en développement renforcent leur équipement informatique en même temps qu'ils acquièrent des laboratoires d'analyse nucléaires équipés de générateurs de neutrons, d'accélérateurs et des instruments nécessaires à la collecte et au traitement des données. Cependant, dans la plupart de ces pays, qui ont vu s'accroître le nombre de leurs installations nucléaires et le volume de leur équipement de pointe, il manque le personnel scientifique et technique qualifié pour utiliser et entretenir efficacement ces équipements.

Cela explique que depuis cinq à dix ans, non seulement le nombre mais encore la complexité des demandes de constantes nucléaires émanant de pays en développement se sont considérablement accrues. Aujourd'hui plus de 40 Etats Membres en développement font appel aux services de l'Agence en matière de constantes et le nombre de demandes satisfaites chaque année par la Section des constantes nucléaires augmente de 20% par an depuis six ans. Pour la seule année 1982, l'Agence a reçu plus de 700 demandes émanant de 64 Etats Membres: 250 demandes de constantes nucléaires numériques, 60 demandes de programmes de traitement des constantes et plus de 400 demandes de rapports. Pendant la même période, le nombre et la variété des fichiers de constantes constitués par la Section des constantes nucléaires s'est aussi accru. Il y en a maintenant plus de 50.*

La Section des constantes nucléaires a modifié l'orientation de son programme pour satisfaire les demandes nouvelles émanant de pays en développement. Aujourd'hui, environ les deux tiers du temps de travail et du budget de la Section des constantes nucléaires sont consacrés au transfert aux pays en développement de constantes nucléaires et des connaissances et des techniques relatives aux constantes nucléaires.

* Pour de plus amples informations sur le nombre de constantes conservées par la Section des constantes nucléaires et sur les domaines d'application de ces constantes, voir l'article de M. Schmidt et M. Lorenz publié dans le *Bulletin de l'AIEA*, Vol 22, N° 2 (avril 1980), page 65.

Transfert de constantes nucléaires

La Section fournit des constantes nucléaires, la documentation qui s'y rapporte et les programmes de traitement de constantes aux scientifiques des Etats Membres en développement qui le demandent. Les constantes numériques sont disponibles sur bandes magnétiques ou sont transcrites du fichier de données sur des listages d'ordinateur. La Section publie et diffuse des manuels sur les constantes nucléaires, des comptes rendus de réunions, des articles de fond et des rapports de recherche (sous les auspices du Comité international des constantes nucléaires) et des index de données tel l'index informatisé de données neutroniques*. La Section publie aussi un bulletin d'information sur les constantes nucléaires qui annonce les nouveautés disponibles en matière de bibliothèques de constantes, de documents et de programmes d'utilisation des constantes. La présentation et le contenu des fichiers de constantes nucléaires conservés par la Section sont décrits dans une collection de recueils de référence.

La Section peut donner des conseils précis sur l'utilisation des constantes ou des programmes de traitement. Les constantes sont utilisées surtout dans les calculs de conception des réacteurs nucléaires, dans l'élaboration des politiques nationales de gestion du combustible nucléaire, dans la planification, l'exécution et l'analyse des mesures nucléaires, et dans la production et les applications des isotopes et des rayonnements.

Des scientifiques de pays en développement participent activement à des programmes de recherche coordonnée de la Section des constantes nucléaires consacrés à l'élaboration et à l'évaluation des constantes nucléaires, à leur traitement par ordinateur, à leur comparaison avec d'autres évaluations, et à la mesure et à l'analyse des constantes des sections efficaces des neutrons de 14 MeV, nécessaires à l'élaboration de la technologie des réacteurs à fission et à fusion.

Transfert de technologie et de connaissances

Le transfert de la technologie des constantes nucléaires et des connaissances dans le cadre de l'assistance et de la coopération techniques consiste avant tout en activités de formation en vue de la constitution, dans les Etats Membres en développement, d'un encadrement technique faisant partie de l'infrastructure nucléaire nécessaire.

Un projet interrégional pluriannuel sur les techniques et les instruments pour l'établissement de valeurs de constantes nucléaires a été lancé en 1981 dans le cadre du programme de coopération technique de l'Agence. Il a pour premier objectif de former de jeunes scientifiques spécialistes du domaine nucléaire d'universités, de laboratoires de recherche et d'autres instituts de recherche de pays en développement aux méthodes de mesure et d'analyse et aux techniques et aux instruments utilisés dans le domaine des constantes nucléaires. Le projet permettra à des équipes de recherche de pays développés et de pays en développement de collaborer à des recherches communes. Les pays en dévelop-

* Le Computer Index of Neutron Data (CINDA) est publié annuellement sous la forme d'un volume principal avec suppléments.

pement pourront ainsi participer à un effort coordonné au niveau international et faire des mesures utiles et nécessaires grâce à des méthodes avancées. Dans ce sens, le projet devrait largement contribuer à la formation de scientifiques des pays en développement spécialistes du domaine nucléaire. Les connaissances qu'ils auront accumulées au cours du projet pourront être utilement employées dans divers domaines des sciences et techniques nucléaires d'une importance vitale pour les pays en développement, notamment en agriculture, en médecine, dans l'industrie et dans le domaine de la planification, de l'exploitation et de la sûreté des réacteurs. Lors de la phase initiale du projet, des experts se sont rendus en mission auprès de 37 instituts nucléaires de 12 pays en développement. Des chercheurs scientifiques d'Algérie, du Bangladesh, du Brésil, du Chili, de Hongrie, du Pakistan, de Pologne et de Turquie ont bénéficié de bourses et ont entrepris des voyages d'étude individuels dans le cadre du projet. Du matériel auxiliaire et des matières spéciales (cibles au tritium, feuilles isotopiques) ont été fournis à neuf établissements de huit pays en développement pour les aider dans la phase de démarrage de leur programme de mesures.

L'utilisation des générateurs de neutrons était le sujet du cours interrégional de coopération technique qui a eu lieu à Debrecen (Hongrie) en juin et juillet 1982. Ce cours a permis aux participants d'acquérir des connaissances dans les domaines suivants: mesure des valeurs des constantes relatives aux neutrons rapides, en utilisant les générateurs de neutrons qui avaient été fournis par l'AIEA à plusieurs Etats Membres, étude des interactions des neutrons avec les matériaux du réacteur et applications technologiques pouvant bénéficier immédiatement aux pays concernés. Les conférences ont été complétées par des exercices de laboratoire sur diverses applications pratiques des générateurs de neutrons. Vingt-quatre participants venant de 23 pays en développement ont assisté à ce cours.

En septembre 1983, un cours interrégional et un voyage d'étude auront lieu en URSS afin de familiariser les participants avec la physique neutronique et la mesure des valeurs des constantes neutroniques, actuellement faite dans plusieurs instituts d'URSS au moyen de générateurs électrostatiques, de cyclotrons, d'accélérateurs linéaires et de réacteurs de recherche.

Un autre cours interrégional de coopération technique, cette fois sur la méthodologie de l'évaluation et du traitement des constantes nucléaires pour les applications aux réacteurs, est prévu pour 1984 au Siège de l'AIEA à Vienne. Ce cours consistera en conférences et en exercices sur ordinateur portant sur les méthodes d'évaluation des constantes nucléaires et sur l'exploitation et le traitement multigroupes des valeurs évaluées des constantes nucléaires pour les calculs de neutronique des réacteurs. Ce cours, pendant lequel il sera fait une utilisation intensive des ordinateurs et les participants seront bien encadrés, est destiné à un nombre restreint de physiciens nucléaires et de spécialistes de la physique des réacteurs originaires de pays en développement.

Trois cours interrégionaux de quatre semaines sur les applications de la théorie nucléaire aux calculs des

valeurs de constantes nucléaires pour la conception des réacteurs ont eu lieu en 1978, 1980 et 1982. Ils ont été organisés en commun avec le Centre international de physique théorique de Trieste*. Des spécialistes des pays en développement qui mettent en œuvre un programme de sciences et de techniques nucléaires, ont assisté aux cours qui étaient consacrés à l'évolution actuelle de la théorie et des modèles concernant les réactions nucléaires à faible énergie et leur application au calcul des valeurs des constantes nucléaires nécessaires pour la conception du cœur et l'analyse de sûreté des réacteurs nucléaires. Les cours comprenaient aussi une présentation de programmes machine de modèles nucléaires et quelques exercices pratiques. Soixante-dix à 90 scientifiques de 25 à 30 Etats Membres en développement ont assisté à ces cours.

Toujours en coopération avec le Centre de Trieste, il est prévu d'organiser en 1984 un séminaire sur l'utilisation des programmes machine de modèles nucléaires, afin d'évaluer l'utilité du transfert de ces programmes aux pays en développement, transfert intervenu à la suite des trois cours mentionnés plus haut. Des conférences d'introduction, suivies d'exercices intensifs de calcul, familiariseront les participants avec les programmes machine de modèles nucléaires qui sont largement employés pour le calcul des sections efficaces de neutrons nécessaires dans les applications de la technologie nucléaire. Les participants auront l'occasion de parler de leurs expériences et des problèmes que pose l'utilisation des programmes machine de modèles nucléaires.

* Une liste complète des activités du Centre en 1983 a été publiée dans le *Bulletin de l'AIEA*, Vol. 24, N° 4, p. 57 (décembre 1982).

Constantes nucléaires et atomiques disponibles à l'AIEA

La Section des constantes nucléaires de l'AIEA joue le rôle de centre international de données et elle offre à tous les Etats Membres des services très étendus en matière de constantes nucléaires. Une de ses principales activités est la collecte et la diffusion systématiques de constantes nucléaires et atomiques. Dans ce but elle a constitué d'importantes collections de fichiers informatisés de constantes numériques qu'elle complète et met à jour continuellement. Les fichiers comprennent notamment:

Des compilations de sections efficaces de neutrons, de particules chargées et de réactions photonucléaires pour tous les nucléides d'importance pour les sciences et les techniques nucléaires. Les compilations comprennent plusieurs millions de points de données de valeurs expérimentales de constantes des réactions neutroniques, dans une gamme d'énergie allant de l'équilibre thermique à 20 MeV, et plus de cinquante bibliothèques de valeurs évaluées de constantes des réacteurs neutroniques avec les paramètres qui s'y rapportent. Ces bibliothèques ont été conçues pour diverses applications, dont: étalons pour les mesures nucléaires, calculs de conception des réacteurs à fission et à fusion, analyses de sûreté radiologique, évaluations de l'inventaire et de la chaleur de désintégration des produits de fission et des actinides, évaluations des dommages causés par les rayonnements et dosimétrie des neutrons.

Des compilations de paramètres de radionucléides utilisés dans les techniques nucléaires et dans les applications des isotopes et des rayonnements comprenant: masse nucléaire et teneur isotopique, valeurs évaluées des paramètres relatifs à la structure du noyau et à la décroissance pour tous les radionucléides, énergie et intensité des rayons gamma et périodes radioactives pour les analyses par activation, et sections efficaces d'interaction avec les photons pour tous les éléments.

Des compilations des constantes atomiques relatives à la technologie du plasma et de la fusion comprenant des données sur les collisions atomiques, en particulier celles qui concernent l'ionisation, l'excitation et les échanges de charges d'électrons, et des données sur l'interaction du plasma avec des surfaces, y compris des processus tels que réflexion, capture et arrachement de particules.