

Enseignement et formation en radioprotection et sûreté nucléaire: combler les lacunes

L'AIEA contribue plus activement à la mise en valeur des ressources humaines de ses pays Membres

par Karol Skornik

L'enseignement et la formation sont indispensables au développement des ressources humaines pour l'industrie dans le monde entier. Dans le secteur nucléaire, on a redoublé d'efforts à cet égard au cours des dernières années. Dans ses plans pour l'an 2000, l'AIEA a aussi accordé une grande importance à la mise en valeur des ressources humaines dans le domaine de la sûreté nucléaire et radiologique, parallèlement au renforcement de l'assistance technique visant à améliorer les infrastructures nationales et à promouvoir la sûreté des diverses applications des techniques nucléaires à des fins pacifiques.

En septembre 1993, la Conférence générale de l'AIEA a approuvé le programme 1994-1998 d'enseignement et de formation en radioprotection et sûreté nucléaire. Cet article donne un aperçu du programme dans le contexte des événements mondiaux du domaine nucléaire, des priorités et des besoins des différents pays, et des orientations.

Le climat

La recherche de l'excellence en matière de sûreté nucléaire et radiologique exige une approche intégrée de l'enseignement et de la formation. Tant la radioprotection que la sûreté nucléaire sont des spécialités en fait multidisciplinaires dont les différentes composantes — physique, chimie, biologie, technologie nucléaire et autres — sont interdépendantes. En revanche, quand on aborde la mise en valeur des ressources humaines, apparaissent des différences très sensibles ainsi que des besoins et des problèmes particuliers dus à la grande variété des applications de l'énergie nucléaire et des rayonnements.

De nos jours, les techniques utilisant les rayonnements et les sources radioactives sont largement appliquées dans le monde entier, en particulier en médecine (radiologie diagnostique, radiothérapie, médecine nucléaire) ainsi que dans l'industrie, en agriculture et dans la recherche.

En médecine, par exemple, citons ces quelques chiffres:

- Plus de 400 000 appareils de radiographie aux rayons X sont en service et le nombre d'exams s'élèvent à 1,2 milliard par an;
- 320 millions de radiographies dentaires sont faites chaque année;
- Il existe 10 000 caméras gamma en service dans le monde entier servant à toute une série de pratiques médicales;
- 22 millions d'applications *in vivo* (médecine nucléaire) sont pratiquées chaque année;
- En radiothérapie, plus de 4 millions de patients sont traités chaque année;
- Plus de 60 pays ont organisé des programmes médicaux prévoyant l'emploi de techniques nucléaires.

Il s'ensuit que l'exposition des populations due à l'usage des rayonnements ionisants pour le diagnostic et la thérapie augmente dans le monde entier. Cette tendance s'explique en grande partie pour des raisons cliniques, notamment dans les pays en développement, où les services médicaux ne sont pas encore suffisamment développés. En l'an 2000, la dose collective à la population mondiale due à des irradiations médicales aura probablement augmenté de 50% et elle aura sans doute plus que doublé en 2025, selon le Comité scientifique des Nations Unies pour l'étude des effets des rayonnements ionisants (UNSCEAR).

Depuis une vingtaine d'années, le radiotraitement gagne du terrain à raison de 10 à 15% par an si l'on en juge d'après le nombre et la puissance nominale totale des sources d'irradiation en service. Plus de 135 irradiateurs gamma industriels et quelque

M. Skornik est membre de la Division de la sûreté nucléaire de l'AIEA.

400 machines à faisceaux d'électrons sont utilisés dans 42 pays. Parmi les produits radiotraités, citons les denrées alimentaires, les articles pour les hôpitaux et la médecine, les articles en matière synthétique et en caoutchouc, et les fils et câbles. La valeur totale de ces produits est estimée à deux milliards de dollars par an.

Dans l'industrie, les applications des rayonnements ionisants se sont généralisées. Citons les techniques de radiomarquage pour la mesure des débits fluides ou la détection des fuites, par exemple. La radiographie gamma, qui est une des méthodes non destructives d'essai de matériaux, est aussi très utilisée pour la détection des défauts de moulage, et des défauts de soudage de tuyaux et de cuves, ainsi que pour optimiser les méthodes de coulée avant la production en masse. Les radio-isotopes servent couramment au sondage de puits dans les industries du pétrole et du gaz, à la prospection des ressources naturelles et aux études géophysiques. Divers instruments de mesure industriels et nombre de produits de consommation comportent des sources de rayonnements ou impliquent leur utilisation.

En agriculture, plus de 1000 variétés de végétaux obtenues par mutation radio-induite sont cultivées dans le monde sur des millions d'hectares et procurent des revenus qui se chiffrent en milliards de dollars, selon les estimations. En outre, les rayonnements sont utilisés pour lutter contre les insectes ravageurs des récoltes et vecteurs des maladies du bétail.

Les témoins des avantages les plus évidents des rayonnements ionisants sont peut-être les 430 centrales nucléaires actuellement en service dans le monde, qui produisent ensemble plus de 16% de l'électricité consommée dans le monde. Viendront s'y ajouter 55 réacteurs actuellement en construction pour répondre à la demande d'énergie électrique fiable. L'expérience d'exploitation accumulée dans le monde entier dépassait 6500 ans de réacteur à la fin

de 1993. A cette date, on comptait aussi 301 réacteurs de recherche en service dans 59 pays à l'appui de travaux d'analyse dans maints domaines scientifiques ou produisant des radio-isotopes pour la médecine, l'industrie et l'agriculture. Parmi eux, 51 réacteurs dans 18 pays servent à la formation.

Cet emploi généralisé des rayonnements ionisants donne la mesure des besoins d'éducation et de formation sur le plan international dans les domaines de la radioprotection et de la sûreté nucléaire. Ces programmes d'enseignement doivent donc porter sur les pratiques qui, dans un nombre croissant d'installations, laboratoires et autres lieux de travail, font appel aux rayonnements ionisants, aux sources de rayonnement ou aux techniques nucléaires.

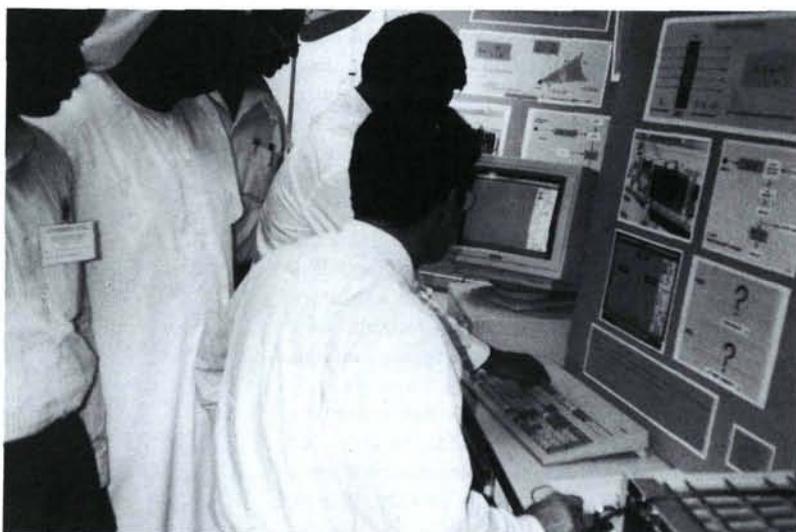
Problèmes d'infrastructures. Il existe un vaste ensemble de normes de sûreté tant radiologiques que nucléaires, dont des normes internationales. Cela ne suffit cependant pas à garantir la sûreté des pratiques. Il faut encore que les pays disposent de l'infrastructure nécessaire à l'application de ces normes afin d'atteindre et de maintenir le niveau souhaité de protection. L'infrastructure s'entend essentiellement des principaux éléments ci-après:

- une législation et une réglementation contenant des prescriptions juridiques, techniques et administratives;
- un système de mise en œuvre de la législation, par l'intermédiaire d'une réglementation prévoyant notifications, inscriptions, homologations, inspections et conseils sur la manière de se conformer aux prescriptions;
- des ressources humaines, des connaissances techniques à tous les niveaux depuis les activités exigeant de hautes qualifications pour la direction, la recherche et les réalisations jusqu'aux domaines spécialisés d'application et à l'appui technique de routine pour les opérations et les services;
- une base technique apte à fournir divers services de sûreté tels que le contrôle radiologique (dosimétrie du personnel, étalonnage des instruments, surveillance radiologique de l'environnement), l'entretien du matériel et des composants, et les moyens d'intervention en cas d'urgence;
- des ressources nécessaires à l'organisation et à la mise en œuvre de programmes nationaux de sûreté radiologique.

L'importance d'une infrastructure nationale doit être proportionnelle au degré et au volume d'activités techniques dans le domaine nucléaire qui exigent des mesures de sûreté, qu'il s'agisse de la production d'électricité d'origine nucléaire ou d'autres applications des rayonnements ionisants.

Les Etats Membres de l'AIEA diffèrent quant à leur engagement dans les technologies nucléaires et les infrastructures de sûreté associées, ainsi qu'à leurs besoins et leurs moyens d'éduquer et de former convenablement un personnel national. Les directives de l'Agence dans ce domaine tiennent compte de ces différences. Les programmes sont ajustés aux divers groupes de pays. On accorde plus d'import-

Spécialistes suivant un stage de radioprotection de l'AIEA.



tance à certains aspects particuliers de la radioprotection et de la sûreté nucléaire qui correspondent aux besoins de ces pays et aux priorités de leurs programmes nationaux de mise en valeur des ressources humaines. Dans ce contexte, un programme national d'enseignement et de formation apparaît comme un élément essentiel du système adopté par un pays pour instruire les cadres professionnels, les techniciens et le grand public des avantages et des risques que comporte l'emploi des rayonnements ionisants.

Analyse des besoins

La radioprotection et la sûreté nucléaire sont avant tout l'affaire des divers pays. Tous ceux qui utilisent les rayonnements ionisants ou ont décidé de s'équiper en nucléaire ont prévu un enseignement et une formation dans ces domaines. Pour nombre de pays en développement, il est toujours difficile néanmoins d'organiser ou de mettre en œuvre de tels programmes, à cause de contraintes budgétaires, de pénuries d'enseignants qualifiés et autres insuffisances d'infrastructure. Aussi ont-ils compris les avantages que présentent à cet égard la coopération et l'harmonisation au niveau international.

Lors de son analyse des besoins de ses Etats Membres, l'AIEA a exploité les connaissances et l'expérience qu'elle a acquises grâce à son programme de coopération technique (en l'occurrence, plus spécialement les services en matière de sûreté et les projets interrégionaux, régionaux et nationaux) et à ses activités courantes telles que conférences, colloques, séminaires et autres réunions techniques. Les services de l'AIEA concernant tant la radioprotection que la sûreté nucléaire sont les suivants: les équipes consultatives pour la radioprotection (RAPAT), les équipes d'examen de la sûreté d'exploitation (OSART), les équipes d'évaluation des événements significatifs pour la sûreté (ASSET), les équipes internationales d'examen réglementaire (IRRRT), l'évaluation intégrée de la sûreté des réacteurs de recherche (INSARR) et les services d'examen de la sûreté au stade des études (ESRS).

Radioprotection. L'étude des conclusions des équipes RAPAT fait apparaître toute l'importance d'un renforcement de la coopération internationale dans le domaine de la radioprotection. Il est clair que les *mécanismes de contrôle de la sûreté radiologique* sont aujourd'hui insuffisants dans plus de la moitié des Etats Membres de l'AIEA. La plupart des pays manquent tout simplement de l'infrastructure nécessaire pour appliquer une politique de sûreté fondée sur les recommandations internationales. Dans certains pays, les installations de radioprotection ne sont pas satisfaisantes; dans d'autres, diverses institutions se disputent les attributions; dans d'autres encore, dont les Membres relativement récents de l'AIEA, il n'existe pas encore d'autorité nationale

compétente. Trop souvent, la législation de base et la réglementation d'appui sont inexistantes.

Plusieurs accidents radiologiques en dehors du secteur nucléo-électrique ont bien fait comprendre l'importance des mécanismes de contrôle de la sûreté. Par exemple, l'examen auquel une équipe internationale de l'AIEA a procédé à San Salvador à la suite d'un grave accident radiologique survenu dans une installation industrielle d'irradiation, en 1989, a révélé que l'accident aurait pu être évité s'il y avait eu un système convenable de radioprotection. Même dans les pays où il existe une réglementation appropriée, il y a souvent pénurie de nationaux suffisamment éduqués et formés pour être capables d'organiser des systèmes opérationnels de sûreté radiologique, y compris l'homologation, les inspections et les services d'appui technique.

En 1991, la Commission internationale de protection radiologique a publié une révision de ses recommandations (CIPR 60), qui est le fondement de la révision des Normes fondamentales de sûreté pour la radioprotection. Ces normes internationales seront publiées en 1994 conjointement par l'AIEA, l'Organisation internationale du Travail (OIT), l'Agence pour l'énergie nucléaire de l'Organisation de coopération et de développement économiques (AEN/OCDE), l'Organisation mondiale de la santé (OMS), l'Organisation panaméricaine de la santé (OPS) et l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO). Une assistance sous diverses formes devra être fournie à de nombreux pays en développement. Il faudra les aider à incorporer les normes internationales dans leurs règlements nationaux de radioprotection, à instituer des autorités chargées de surveiller l'application de ces règlements et à améliorer la performance de ces autorités. L'assistance de l'AIEA comportant l'emploi de matières radioactives et autres sources de rayonnements devra nécessairement prévoir aussi un enseignement et une formation en radioprotection à l'intention des équipes professionnelles.

On continuera par ailleurs de s'occuper tout spécialement de l'amélioration de la sûreté radiologique aux lieux de travail sous rayonnements car, là encore, la formation fait gravement défaut. Chaque catégorie de travailleurs a des besoins particuliers qui dépendent de ses activités. Les travailleurs exposés, ou qui risquent de l'être, peuvent être groupés par catégories — l'industrie nucléaire et le transport des matières radioactives, les hôpitaux et autres établissements médicaux (centres de radiothérapie, de radiodiagnostic, de médecine nucléaire), les usines et les opérations utilisant des rayonnements, les universités et les établissements de recherche, les organismes et les groupes d'intervention (services médicaux, protection civile, police locale, par exemple).

Dans l'industrie, la formation doit être accessible au plus grand nombre de travailleurs et fondée sur un compromis judicieux entre le niveau des connaissances nécessaires à l'accomplissement des

tâches et la compétence nécessaire en matière de radioprotection.

En ce qui concerne l'enseignement et la recherche médicale, une formation doit être donnée au groupe de spécialistes qui, tout en ayant de solides connaissances scientifiques, sont relativement ignorants en matière de radioprotection. De par le monde, il faudrait en particulier activer la formation de spécialistes de la sûreté radiologique (radioprotectionnistes) et de personnel médical, y compris les médecins, pour les services de radiothérapie, de radiodiagnostic et de médecine nucléaire. Il faut également prévoir pour ces travailleurs des cours de perfectionnement réguliers afin de les tenir au courant de l'évolution des normes de sûreté radiologique. Il ne faut pas davantage négliger le personnel infirmier, car il a une forte influence sur la perception des risques radiologiques par le public.

La formation en radioprotection des membres des équipes d'intervention doit être considérée comme faisant partie du dispositif national prévu pour les cas d'accidents nucléaires et d'urgence radiologique. Cette formation à tous les niveaux est toujours nécessaire dans nombre de pays de toutes les régions. La formation et le perfectionnement en matière de radioprotection concernent donc un large éventail de personnel à divers niveaux de connaissances. L'harmonisation recherchée doit donc se faire d'abord à l'échelon des décideurs, des enseignants et des spécialistes pour être étendue ensuite à tous les travailleurs professionnellement exposés.

On constate que l'enseignement général néglige le plus souvent les questions de radioprotection et de sûreté radiologique et que, dans la plupart des pays, ces sujets sont rarement abordés au niveau secondaire. La formation dans ce domaine manque souvent du fondement nécessaire et le programme, s'il en existe, varie considérablement d'un pays à l'autre. Pour nombre de pays, former en nombre suffisant des enseignants et des moniteurs locaux instruits en sûreté radiologique et aptes à transmettre leur savoir demeure illusoire.

Sûreté nucléaire. L'étude des besoins d'enseignement et de formation en sûreté nucléaire exige un classement détaillé des divers pays. Le programme de l'AIEA vise spécialement trois groupes: a) les pays en développement ou en voie de restructuration qui exécutent des programmes de construction/exploitation de centrales nucléaires ou de réacteurs de recherche; b) les pays qui considèrent l'option nucléaire comme un moyen de répondre à la demande croissante d'électricité et exécutent des programmes de réacteurs de recherche/formation; c) les pays dépourvus de programmes nucléo-énergétiques où l'exploitation de réacteurs de recherche/formation est le seul usage qu'ils font d'une technologie qui appelle des mesures de sûreté nucléaire.

Il existe dans le monde entier un besoin évident d'enseignement général en sûreté nucléaire, y compris la sûreté des réacteurs futurs, parallèlement

à la radioprotection. Un choix de thèmes généraux et de groupes de personnel a été défini par les équipes de sûreté de l'AIEA comme prioritaire, thèmes parmi lesquels figurent l'étude, l'organisation et la gestion de programmes de formation pour les différents groupes.

Les difficultés qu'il y a à maintenir les normes de sûreté à des niveaux cohérents sont assez évidentes. Les forces économiques, les traditions industrielles, le cadre juridique et les politiques commerciales sont tous très variables. Les organismes de réglementation doivent assurer le respect des normes nationales à leur façon, et ces normes jouent leur rôle dans la formation d'une bonne culture nationale de sûreté. Les directives de l'AIEA sont incorporées dans les Normes de sûreté nucléaire (NUSS), série de documents contenant des recommandations sur l'homologation, l'organisation et les questions techniques relatives à la sûreté des réacteurs de puissance et de recherche. Les pays peuvent s'en servir à l'appui de leurs activités et elles sont à la base de l'assistance de l'Agence en matière de sûreté. La formation de responsables nationaux de la réglementation continuera de jouer un rôle important dans ce processus.

La formation est également nécessaire au relèvement des niveaux de sûreté des centrales nucléaires, et aussi des réacteurs de recherche dans une certaine mesure, qui ont été construits selon des normes de sûreté anciennes, ainsi que des installations qui connaissent des difficultés dues au vieillissement.

En particulier, les réacteurs VVER-440/230 en service dans les pays de l'ex-Union soviétique et en Europe centrale et orientale ont posé quelques problèmes. La question du vieillissement des installations nucléaires se pose d'ailleurs dans le monde entier et l'AIEA a constaté une demande croissante de programmes de formation, car on a compris que, s'ils connaissent les processus physiques fondamentaux qui peuvent survenir dans une centrale nucléaire ou dans un réacteur de recherche vieillissant, les opérateurs sont mieux aptes à faire face aux transitoires de l'installation et autres événements. En outre, à mesure que la compréhension des phénomènes du vieillissement amène à modifier les modes d'exploitation, le personnel des installations doit être formé aux nouvelles procédures.

Directives et programmes de l'AIEA

Les objectifs du programme d'enseignement et de formation de l'AIEA en radioprotection et sûreté nucléaire sont les suivants:

- assurer l'autonomie des pays en matière de programmes d'enseignement et de formation;
- renforcer le dispositif national de radioprotection et de sûreté nucléaire;
- répondre aux besoins urgents des pays qui demandent une assistance.

Le programme vise surtout la planification à court et à moyen terme afin d'assurer le niveau le

plus élevé possible d'enseignement et de formation, et pour éviter les embûches d'une approche individualisée. Les directives fondamentales en matière de planification comportent deux éléments distincts: la concentration qui suppose la collaboration avec les Etats Membres pour l'organisation des cours assistés par l'AIEA sur des sujets judicieusement choisis en fonction des besoins les plus évidents, et la normalisation des efforts qui doit résulter des mesures prises par l'AIEA pour préparer des programmes uniformes d'enseignement général et de formation spécialisée.

Le programme de l'Agence propose diverses modalités et procédures.

Enseignement. Les cours supérieurs sont prévus pour les jeunes cadres diplômés du secondaire occupant déjà, ou prévus pour, des postes en radioprotection ou en sûreté nucléaire. Le groupe visé est celui des jeunes professionnels qui ont besoin d'une solide formation dans ces domaines pour devenir un jour des formateurs dans leur pays. En plus des cours déjà donnés en espagnol (radioprotection et sûreté nucléaire), des cours en anglais et en français (radioprotection) et peut-être aussi en russe (radioprotection et sûreté nucléaire) seront organisés à l'échelon interrégional ou régional dans des centres de formation choisis. Les cours de radioprotection suivront un programme normalisé préparé par l'AIEA qui sera distribué aux Etats Membres afin de faciliter l'inclusion du sujet dans les programmes de leurs principaux établissements d'enseignement.

Formation spécialisée. Des cours sont offerts à ceux qui souhaitent se spécialiser dans des domaines déterminés de la radioprotection et de la sûreté nucléaire. Un cours dure généralement de trois à huit semaines et permet aux participants de mettre à jour et d'améliorer leurs connaissances et leurs compétences théoriques et pratiques.

Les cours interrégionaux sont adaptés aux besoins communs des Etats Membres de plus d'une région et exigent des moyens et des compétences que l'on ne trouve généralement pas au niveau de la formation pratique. Ils ont pour objet essentiel de former des gens destinés à occuper des postes importants de direction ou d'exploitation impliquant aussi la formation du personnel. Dans cette optique de «formation de formateurs», l'AIEA continuera d'encourager les pays à désigner des candidats qui, une fois formés, seront disposés et aptes à collaborer aux programmes nationaux de formation de personnel, dans leurs pays respectifs. Sont également offerts des stages régionaux couvrant un large éventail de sujets, organisés dans nombre d'établissements hôtes des Etats Membres, ainsi que des cours nationaux que les pays organisent dans le cadre de leurs propres programmes de mise en valeur des ressources humaines, souvent en liaison avec des projets de coopération technique de l'AIEA.

Ateliers de formation. Une formation intensive de plus courte durée (une à deux semaines) est assurée par des ateliers conçus pour améliorer les compé-

tences de personnes travaillant dans les deux domaines principaux qui nous intéressent. Ces ateliers visent toujours la formation pratique et l'enrichissement de l'expérience directe. Ils comprennent généralement des travaux en laboratoire, sur ordinateur, ou à l'extérieur. A part les services d'experts, le matériel d'enseignement et les trousseaux de démonstration, l'AIEA fournit du matériel ou des instruments de laboratoire pour améliorer les moyens de formation nationaux.

Autres procédures. Des bourses de perfectionnement sont prévues essentiellement pour proposer une formation en cours d'emploi à des individus de pays en développement. L'AIEA s'efforce de choisir des candidats qui, à l'issue de leur stage, pourront à leur tour collaborer aux programmes nationaux de mise en valeur des ressources humaines. De même, des voyages scientifiques sont organisés pour des cadres qui peuvent être appelés à renforcer les infrastructures de radioprotection et de sûreté nucléaire dans leurs pays.

Le programme pour 1994-1998 prévoit aussi une série de séminaires régionaux visant à promouvoir l'enseignement et la formation en radioprotection et en sûreté nucléaire. Ces réunions donnent opportunément l'occasion à des groupes de spécialistes choisis ayant des intérêts communs et travaillant dans des domaines analogues (éducateurs, radioprotectionnistes, spécialistes de la sûreté des réacteurs) d'échanger des renseignements et des idées et de discuter d'enseignement. Elles favorisent aussi les rencontres permettant à l'AIEA d'étudier une nouvelle activité ou un nouveau service qui requiert la participation active des Etats Membres, tel le système de l'AIEA pour les interventions d'urgence.

Toutes ces activités sont soutenues par une abondante documentation essentiellement composée des publications de l'AIEA relatives à la sûreté (normes, guides, manuels de formation et de sûreté radiologique) et autres documents d'information spécialement conçus pour l'enseignement et la formation.

Comblant les lacunes

S'il est vrai que les difficultés sont partout dans les pays en développement, les pays avancés ont eux aussi besoin de spécialistes capables de combler de graves lacunes qui nuisent à la compréhension et à la communication dans les domaines de la radioprotection et de la sûreté nucléaire.

Dans une perspective internationale, le problème peut se résoudre plus facilement par une approche intégrée de l'enseignement, de l'harmonisation de la teneur des cours et de l'aide à la formation de formateurs. Il faudrait aussi en priorité améliorer la diffusion de l'expérience et des connaissances déjà acquises et mieux coordonner les circuits d'appui. Grâce aux programmes qu'elle prévoit pour les prochaines années, l'AIEA aidera activement ses pays Membres à redresser la situation.