

Formation à l'entretien et à la réparation des appareils nucléaires

par J. Dolnicar*

Il existe un problème commun à beaucoup de projets qui concernent la science et la technologie nucléaires: les appareils perfectionnés sont délicats, sensibles à l'environnement et tombent souvent en panne. C'est peut-être un obstacle relativement mineur dans les pays européens, où l'on trouve facilement un représentant du fabricant ou un centre de dépannage, mais dans de nombreux pays en développement, les difficultés sont plus grandes: très peu de fabricants d'appareils nucléaires y ont des centres de dépannage; beaucoup de ces pays ne sont pas desservis par ces centres; les pièces de rechange ne sont pas disponibles ou les délais de livraison sont très longs. Aussi le pays qui s'engage dans l'application des techniques nucléaires doit-il étudier avec soin la question de l'entretien et de la réparation des appareils dont il a besoin. Beaucoup de pays en développement sont arrivés à la même conclusion: il leur faut mettre à profit les moyens dont ils disposent sur place. C'est-à-dire d'une part donner à leur propre personnel la formation voulue et d'autre part se doter de la base matérielle nécessaire (laboratoires, appareils de contrôle, pièces de rechange et pièces détachées).

L'Agence exécute, depuis de nombreuses années, un programme modeste axé sur l'appareillage nucléaire, et la coopération qu'elle a établie avec plusieurs pays en développement commence à porter ses fruits.

Tout programme est efficace s'il s'adresse au personnel pour lequel il a été conçu et si c'est ce personnel qui l'exécute. Quels sont dans les pays en développement les utilisateurs des appareils nucléaires? Les instituts de recherche, les universités, les laboratoires de médecine nucléaire, les services de radioprotection, les équipes de prospection d'uranium. Contrairement à ce qui se passe dans les pays hautement industrialisés, les techniques nucléaires n'y interviennent qu'exceptionnellement dans la vie quotidienne. C'est le type d'utilisation qui détermine la catégorie des appareils, laquelle, à son tour, détermine la solution du problème de l'entretien et de la réparation. Avant de rechercher des remèdes concrets à une situation qui n'est pas satisfaisante, il semble nécessaire d'étudier en détail quels sont les utilisateurs des techniques nucléaires et le type d'appareils qu'ils utilisent. L'Agence a procédé à plusieurs études de ce genre et celle qui est la plus appropriée et la plus riche d'enseignements a trait aux appareils de médecine nucléaire (voir *Bulletin de l'AIEA*, Supplément 1982, page 32). A partir de l'expérience acquise par les autorités des pays en développement et le Secrétariat de l'Agence, un certain nombre de projets

ont été exécutés dans le domaine de l'électronique et des appareils nucléaires.

La première mesure que l'Agence a prise et qu'elle a développée le plus au fil des années a consisté à organiser tous les ans un cours de formation à l'électronique nucléaire. Lorsque ce projet a été lancé il y a 18 ans avec un cours de six mois à Sri Lanka, il s'agissait surtout d'une formation théorique consistant en deux heures seulement de travaux en laboratoire contre 8 heures de cours magistraux; mais depuis, un long chemin a été parcouru. Ce cours a été organisé une année au Brésil, puis huit années de suite à Turin, en Italie. En 1978, 1979 et 1980, il a eu lieu à Dublin, et en 1981 à Berlin-Ouest. Et, chemin faisant, il s'est lui aussi beaucoup transformé: *

- Les travaux pratiques en laboratoire forment désormais l'essentiel du cours et occupent plus de 65% du temps d'études.
- Une méthodologie de l'enseignement a été mise au point: un programme d'études bien équilibré permet, dans une période de temps relativement courte de 13 semaines, de dispenser aux participants le maximum de connaissances et de données d'expérience.
- Les progrès rapides de l'électronique et, en particulier, l'apparition des microprocesseurs obligent à mettre à jour et à améliorer constamment le programme. C'est ainsi que, ces dernières années, des consultants ont analysé, modifié et amélioré périodiquement aussi bien le contenu technique du cours que les méthodes d'enseignement.

Au fil des ans, le cours interrégional sur l'électronique nucléaire organisé par l'Agence a permis de former près de 300 ingénieurs et scientifiques des pays en développement. Dans le même temps, il a été formé un corps d'enseignants composé d'experts réputés pour lesquels le fait de partager leur expérience avec des étudiants est une tâche intéressante et exaltante. Le professeur U. Ciancaglini (Argentine), le professeur W. Kessel (RFA), le professeur P.F. Manfredi (Italie) et le professeur J. Pahor (Yougoslavie) sont parmi ceux qui ont créé le cours et qui, à l'occasion, remplissent le rôle d'experts de l'Agence en cette matière. Les meilleurs étudiants d'un cours sont invités à exercer les fonctions d'assistants les années suivantes et deviennent eux-mêmes des enseignants. C'est ainsi que plusieurs experts électroniciens continuent de participer aux programmes de l'Agence: M.S. Akdurak (Turquie), M.W. Cudny (Pologne), M.D. Camin (Argentine) et M.J. Preston (Jamaïque), pour ne citer qu'eux, font partie de cette nouvelle génération d'experts en électronique nucléaire issus des cours de formation de l'Agence.

* M. Dolnicar travaille à la Section de physique de la Division de la recherche et des laboratoires de l'Agence.

L'amélioration du programme d'études s'est accompagnée d'une élévation du niveau du cours sur l'électronique nucléaire, que ne peuvent suivre désormais que ceux qui ont une formation universitaire. On s'est rendu compte en même temps qu'un laboratoire d'instrumentation ou d'électronique ne pouvait se passer de bons techniciens, ce qui a conduit à organiser chaque année, dans différentes parties du monde, des cours régionaux d'un niveau moins élevé centrés sur la formation de techniciens supérieurs. Cette série de cours qui a débuté en Malaisie en 1977 s'est poursuivie au Costa Rica (1979), au Maroc (1981) et au Pérou (1982). Comme dans le cas du cours de formation avancé, le Secrétariat de l'Agence et les membres du corps enseignant ont dû d'abord apprendre à dispenser aux participants le plus de connaissances possible en électronique et en instrumentation en peu de temps – huit semaines. Cette formation gagne à chaque cours en efficacité.

Les efforts que l'Agence a investis dans les cours sur les appareils nucléaires et l'expérience qu'elle a acquise dans l'organisation de la formation en ce domaine pourraient fort bien être transposés au niveau national. En fait, même dans les pays avancés, l'électronique nucléaire n'est pas une discipline universitaire distincte: elle est enseignée en cours d'emploi ou dans le cadre de cours spéciaux organisés par des instituts de recherche. L'expérience de la formation est donc très réduite, la documentation peu fournie: les meilleurs manuels (Nicholson, Korwalski) sont déjà anciens et ne sont pas conçus pour donner les meilleurs résultats sur le plan pédagogique. Quant aux manuels de laboratoire, la situation est encore pire: il n'en existe pas.

Les cours conçus par l'Agence peuvent donc servir de modèle pour la formation de personnel local à l'électronique nucléaire. Les deux premiers exemples ont donné d'excellents résultats. En 1982, l'AIEA a coopéré avec les gouvernements du Viet Nam et du Sénégal à l'organisation de cours nationaux de formation à l'électronique nucléaire. Les participants ont été choisis et parrainés par les autorités nationales et l'Agence a fourni les services d'enseignants et une partie du matériel. Les résultats ont montré que, dans un pays donné, un cours de formation bien conçu a obligatoirement un impact très important. Dans les deux pays en question, le laboratoire où le cours a eu lieu est devenu le centre local d'instrumentation nucléaire et des liens solides se sont créés entre ce centre et d'autres laboratoires qui utilisent des appareils nucléaires et doivent en assurer l'entretien.

Conscients de l'importance que revêt la formation pratique en électronique, les experts associés au cours de formation de l'Agence à l'électronique nucléaire ont recommandé en 1981 de mettre au point tout un jeu d'aides didactiques, qui permettrait de mieux illustrer les principes de l'électronique nucléaire tout en obligeant les élèves à travailler sur des circuits réels et à se servir de façon intensive d'instruments de contrôle. Plusieurs expériences pratiques, avec le matériel approprié, ont déjà été mises au point. Ce projet a reçu, en 1983, l'appui du Gouvernement de la République fédérale d'Allemagne et l'on s'attend à ce que des expériences mieux équilibrées soient menées à bien sous peu sur toutes les grandes questions et notamment sur l'applica-

tion des microprocesseurs. Toutes ces expériences combinées à la mise au point d'un manuel de laboratoire devraient intéresser de nombreux pays, universités et laboratoires de recherche qui s'occupent de formation à l'utilisation et à l'entretien des appareils nucléaires, même dans les pays avancés. Un manuel complet et pratique sera publié en 1984: il contiendra un choix d'expériences en laboratoire et concernera des sujets ayant trait spécifiquement à l'électronique «nucléaire».

L'Agence a élaboré, pour la formation de personnel local à l'entretien et à la réparation des appareils de médecine nucléaire, une méthode aux objectifs plus larges et qui semble devoir donner d'excellents résultats. Il en sera rendu compte dans le prochain numéro du *Bulletin de l'AIEA*.

Outre les cours de formation qu'elle organise, l'Agence accorde, dans le cadre de son programme de coopération technique, des bourses au titre de la formation individuelle. Les candidats retenus sont, en règle générale, ceux qui sont appelés à utiliser les techniques de pointe de l'électronique nucléaire et les microprocesseurs. Les cours de l'Agence servent fréquemment de lieu de sélection: les meilleurs étudiants se voient offrir la possibilité de recevoir une formation plus poussée, dans le cadre du programme de bourses. Cette méthode permet de retenir les bons candidats pour les former à l'étranger en qualité de boursiers de l'AIEA, et de lutter en même temps contre un phénomène regrettable et particulièrement fréquent en électronique qui veut que les ingénieurs et techniciens bien formés abandonnent les laboratoires d'électronique nucléaire pour des postes mieux rémunérés dans des entreprises commerciales. Un cours de formation est l'occasion pour le corps enseignant d'évaluer l'intérêt qu'un stagiaire porte à son travail et sa loyauté vis-à-vis de son laboratoire et d'émettre les recommandations en conséquence. Le programme de bourses peut ainsi tirer profit de la sélection qui s'opère dans le cadre d'un cours de formation.

Mais il ne suffit pas, en matière d'électronique nucléaire, qu'un pays en développement dispose d'un personnel bien formé: il lui faut aussi des laboratoires bien équipés. En coopération avec l'Agence, plusieurs pays ont créé dans les universités des laboratoires qui sont attachés aux centres de recherche nucléaire des facultés des sciences. Un laboratoire d'électronique nucléaire a principalement pour but de mettre à la disposition d'un pays tout entier ou d'une région les spécialistes et les installations nécessaires pour entretenir et réparer les appareils nucléaires. Il existe une large gamme de centres d'électronique nucléaire déjà bien établis, dont nous citerons quelques-uns seulement. Le centre de recherche nucléaire de Kwabeniya exploite un laboratoire qui assure l'entretien et la réparation du matériel nucléaire au Ghana; l'Institut péruvien d'énergie nucléaire, à Lima, a créé un service d'électronique nucléaire bien étoffé et étend son réseau de laboratoires; le laboratoire d'électronique du Centre de recherche de Dalat assure l'entretien et la réparation de tous les appareils nucléaires dans le sud du Viet Nam. Dans tous ces cas, l'aide de l'Agence a permis au personnel local de mettre sur pied de bons programmes et de faire appel aux ressources locales pour l'exploitation des laboratoires d'électronique.

Le programme des Nations Unies pour le développement (PNUD) finance à l'occasion des projets dans le domaine de l'électronique nucléaire et des appareils nucléaires: au Sénégal, l'Institut de technologie nucléaire appliquée a été créé avec l'assistance du PNUD, qui a fourni le matériel destiné à un laboratoire d'électronique nucléaire.

Il ressort de l'expérience acquise dans la création et l'exploitation des laboratoires d'électronique nucléaire que ceux-ci ne doivent pas limiter leurs activités à l'entretien et à la réparation des appareils. Beaucoup de dispositifs nucléaires simples peuvent en effet être conçus et construits sur place, à un coût bien moindre que celui des dispositifs équivalents que l'on trouve dans le commerce. L'Agence s'efforce d'encourager et d'aider des ingénieurs et des techniciens en électronique sur cette voie, et elle a même lancé un programme portant sur la conception d'un ensemble d'instruments modulaires pouvant être fabriqués dans de nombreux pays en développement. Pour éviter tout risque de conflit avec les fabricants de matériel d'électronique nucléaire et pour maintenir le coût au niveau le plus bas possible, c'est la norme industrielle, largement répandue, basée sur le système modulaire Eurocard*, qui a été adoptée.

* En électronique, *Eurocard* s'entend de la dimension normalisée d'une plaquette de circuit imprimé (100 x 160 mm). Cette norme est utilisée dans nombre de systèmes électroniques industriels et de miniordinateurs.

Elle n'est pas utilisée par les entreprises qui fabriquent et vendent du matériel d'électronique nucléaire. Le premier appareil, un spectromètre monocanal à rayons gamma, utilisant un détecteur NaI, sera construit d'ici au milieu de l'année 1983. La documentation sera mise à la disposition des laboratoires des pays en développement: l'assemblage de cet appareil aura des effets aussi bien du point de vue de la formation que du point de vue économique.

Un autre sujet retient l'attention des pays en développement et de l'AIEA: la percée des miniordinateurs professionnels. Du fait des rapides progrès enregistrés dans le domaine de la technologie des ordinateurs, on peut se procurer aujourd'hui, à des prix acceptables, de petits ordinateurs ayant la puissance de grandes machines. Leur utilisation dans le domaine de la science et de la technologie nucléaires présente un intérêt particulier pour les scientifiques des pays en développement où il était pratiquement impossible auparavant de se procurer un gros ordinateur pour des travaux scientifiques. Mais là encore, le problème de la formation se pose: comment former le personnel appelé à utiliser au mieux les microprocesseurs et les ingénieurs électroniques qui auront à les entretenir? L'Agence peut là aussi apporter une aide très utile et elle envisage notamment de mettre au point un programme interrégional de formation dans ce domaine.



EN CAS DE CHANGEMENT D'ADRESSE

N'oubliez pas de nous prévenir à temps. N'envoyez pas seulement votre nouvelle adresse mais également l'ancienne étiquette collée sur l'enveloppe dans laquelle le Bulletin vous est expédié.

Cette étiquette porte en effet un numéro d'ordre dont nous avons besoin pour apporter les modifications voulues sans retard et sans erreur.

Prière d'écrire à:
Monsieur le Rédacteur en chef
Bulletin de l'AIEA
AIEA
B.P. 100
A-1400 Vienne, Autriche