

RADIOGRAPHIE DE LA COOPERATION TECHNIQUE

Agence internationale de l'énergie atomique



Septembre 1997, vol. 3, n° 2

SOMMAIRE

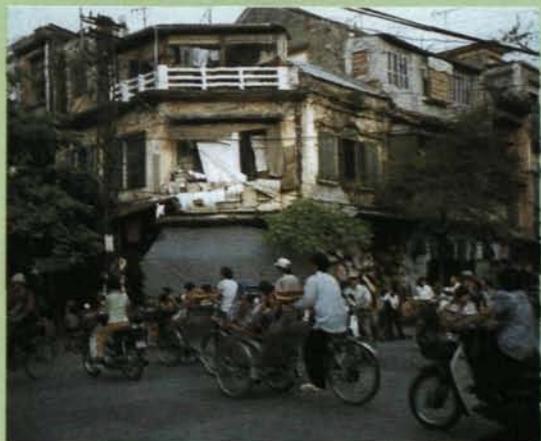
Nouveaux outils	1
Sûreté des sources irradiées	1
Sûreté des réacteurs	2
Initiatives régionales	3
Améliorer le rendement du combustible nucléaire	3
Contribution de l'énergie nucléaire	5
En bref	7
Mieux se protéger contre les séismes	8

Nouveaux outils et choix énergétiques

Un approvisionnement suffisant d'énergie abordable est capital pour soutenir la croissance économique, mais de nombreux pays en développement manquent des moyens naturels, financiers ou techniques pour en assurer la fiabilité. En outre, des inquiétudes à propos de l'impact de la production d'électricité sur la santé humaine et l'environnement signifient que les pays doivent être en mesure d'évaluer et de comparer toutes les solutions possibles pour planifier leur système énergétique.



Photo: L. Langlois/AIEA



Des cadres supérieurs participent au Programme d'évaluation de l'énergie (ENPEP). La demande d'électricité augmente rapidement au Viet Nam où 40 % de la population a moins de 15 ans.
Photo: L. Langlois/AIEA

Le projet DECADES a été établi par neuf organisations internationales, y compris l'AIEA, pour mettre au point des outils informatisés (bases de données et méthodologies) qui peuvent aider les planificateurs nationaux de l'énergie à relever ces défis. Dans sa première phase (1993-1996), le projet a produit trois bases de données et le modèle analytique DECPAC, basé sur des modèles comme ENPEP (Programme d'évaluation de l'énergie et de l'électricité) que l'AIEA

et le Laboratoire national d'Argonne ont développés conjointement. En utilisant le module d'information automatisé et le modèle analytique, les planificateurs nationaux peuvent comparer les systèmes énergétiques selon la production d'électricité et les émissions de gaz à effets de serre et d'autres polluants, tout en ajoutant d'autres éléments à l'analyse.

L'une des bases de données du projet DECADES, «Technologie de référence», couvre tous les systèmes primaires de production d'électricité disponibles à travers le monde et tous ceux qui sont prévus au cours des 20 à 30 prochaines années. Une deuxième banque de données

suite page 6

Technologies pour assurer la sûreté des sources irradiées

On établit souvent un parallèle avec la construction d'un mur de brique pour illustrer en quoi consiste une infrastructure nucléaire sûre. Dans le système de sûreté de base des pays qui n'ont qu'un programme nucléaire limité, certaines briques représentent la législation nécessaire (sur la gestion des

déchets et la radioprotection), tandis que d'autres symbolisent l'organisme de réglementation indépendant qui a l'autorité voulue pour faire appliquer la loi. D'autres encore constituent les capacités techniques et le personnel qualifié qui exécute toutes les tâches liées à la sûreté.

Les activités de l'AIEA ont aidé à poser les briques dans de nombreux pays, mais certains murs nationaux ont besoin d'être renforcés. Le but principal de deux projets distincts, mais apparentés, de modèles de coopération technique multinationale

suite page 4

Sûreté des réacteurs: priorité absolue dans l'ex-bloc de l'Est



Un simulateur intégral sert à former des opérateurs de centrale au Centre de formation Balakovo, en Russie. Photo: Département de l'énergie des Etats-Unis

Tout au long des années de la guerre froide, l'industrie électronucléaire en Union soviétique était véritablement régie par des considérations différentes de celles qui avaient cours à l'Ouest. Les réacteurs étaient conçus et construits pour répondre d'abord à des besoins de fiabilité et de disponibilité. Ils fonctionnaient pour produire efficacement de l'énergie, mais les arrêts périodiques d'inspection et de maintenance n'étaient pas obligatoires. Les conditions différaient aussi de façon importante en ce qui concernait la participation du public, les prescriptions de conception et d'exploitation, et surtout les normes de sûreté en général. Les autorités nucléaires actuelles font donc face à un certain nombre de graves questions.

L'AIEA, de concert avec plusieurs organismes internationaux et un nombre de pays individuels, participe à de nombreuses activités pour améliorer la sûreté des réacteurs de cette période. Les principaux objectifs sont de rectifier autant que possible les défauts de conception par des mises en conformité et des renforcements structurels en vue d'atteindre une exploitation plus efficace, de renforcer et d'aider les autorités réglementaires, et d'encourager l'établissement d'une culture de sûreté à travers tout le secteur électronucléaire de la région.

Des types de réacteurs de conception soviétique, seuls des VVER (qui sont des réacteurs de puissance refroidis et modérés à l'eau) ont été construits hors de l'ex-Union soviétique. Les premiers types de ces réacteurs qui soient toujours en exploitation sont les VVER 440/230 (modèle 230 d'une puissance nominale de 440 mégawatts). Onze de ces réacteurs

fonctionnent dans quatre pays: l'Arménie (1), la Bulgarie (4), la Slovaquie (2) et la Russie (4). Ils ont tous été conçus avant que des normes de sûreté officielles soient publiées en Union soviétique et n'ont pas les caractéristiques fondamentales de sûreté que l'on retrouve en général dans les réacteurs à eau sous pression.

Une partie importante du programme de l'AIEA porte sur la sûreté des réacteurs VVER 440/230. Il est important de poursuivre de telles activités au cours de l'avenir prévisible parce que les problèmes ne disparaîtront pas demain, pas plus que leurs dilemmes économiques. Ces pays ne pourront vraisemblablement pas se permettre de remplacer leurs centrales nucléaires ou autres au cours des 10 prochaines années.

La participation internationale est aussi importante en vue de renforcer et de maintenir la sûreté et l'efficacité des réacteurs de conception soviétique — les réacteurs VVER 440/213 et 1000, ainsi que les RBMK — qui sont en exploitation. Quatorze réacteurs VVER 440/213 sont en service en Hongrie (4), en République tchèque (4), en Slovaquie (2), en Russie (2) et en Ukraine (2). Dix-neuf réacteurs VVER 1000, dont deux seulement hors de l'ex-Union soviétique (en Bulgarie), fonctionnent en Russie (7) et en Ukraine (10). Des réacteurs RBMK sont en service en Lituanie (2), en Russie (11) et en Ukraine (2 à Tchernobyl).

Une étude d'experts internationaux, coordonnée par l'AIEA et lancée en 1990, a analysé et classé en ordre d'importance

les problèmes de sûreté, autant généraux que spécifiques à telle ou telle centrale, de tous ces réacteurs. Les résultats ont servi de cadre et de guide utiles pour d'autres activités de l'Agence, y compris des projets nationaux et régionaux de coopération technique. Ils ont également servi à créer des liens avec un nombre de programmes internationaux, notamment ceux de la Commission européenne, de la Banque européenne pour la reconstruction et le développement, de l'Agence de l'OCDE pour l'énergie nucléaire, du G-24 et de l'Association mondiale des exploitants de centrales nucléaires, pour actualiser la sûreté de ces centrales.

Les projets de coopération technique de l'AIEA, et surtout ceux qui touchent l'Europe centrale et orientale, se sont attachés principalement à renforcer la capacité nationale en matière de réglementation et à améliorer la sûreté des centrales. Sous le régime soviétique, presque toutes les activités nucléaires étaient traitées par des experts russes. Les organismes nationaux de réglementation ailleurs dans la région manquaient à la fois d'informations sur leurs centrales et d'indépendance. La réglementation (lois et règlements) était insuffisante. Ces pays s'attaquent actuellement au problème et la coopération technique les aide à formuler les lois et les règlements nécessaires pour assurer l'autonomie et l'autorité juridiques des organismes de réglementation et pour fournir la formation et le matériel voulus. Des projets visant à renforcer la réglementation viennent de se terminer en Roumanie et en Slovaquie, tandis que des projets ont été lancés cette année en Ukraine et en Arménie.

L'activité la plus remarquable en matière de sûreté des centrales a été l'ouverture officielle, en avril dernier, du Centre de formation en maintenance sur le site de la centrale nucléaire Paks, en Hongrie; le Centre comprend toutes les parties importantes du cœur d'un réacteur VVER 440/230 (voir article, page 7). La maquette de réacteur en vraie grandeur aidera à former et à perfectionner soit bilatéralement soit par l'intermédiaire de l'Agence le personnel de maintenance des centrales — de la même manière que le personnel d'exploitation est formé sur des simulateurs — non seulement en Hongrie mais dans tous les pays qui ont un modèle quelconque de réacteur VVER.

Initiatives régionales pour améliorer la sûreté des centrales

Dans ses efforts de coopération technique pour améliorer la sûreté des réacteurs VVER, l'Agence continuera de traiter les questions spécifiques aux pays par l'intermédiaire de projets nationaux. Toutefois, une nouvelle tendance vise à instaurer des programmes régionaux portant sur des problèmes généraux que l'AIEA qualifie de communs à un certain nombre de pays. Cette optique est plus dynamique par définition dans la mesure où elle mentionne les possibilités d'intervention plutôt que d'attendre les demandes des gouvernements.

Les projets régionaux couvrent une variété de questions pertinentes liées à l'amélioration de la sûreté des réacteurs VVER plus anciens et plus récents. Les pays ont eux-mêmes accordé une très grande importance aux problèmes abordés. L'un des projets vise à transférer des méthodes d'essais non destructifs (END) au cours des trois prochaines années à sept pays qui désirent améliorer leurs procédures d'inspection en cours d'exploitation. La Croatie a autorisé l'Agence à se servir gratuitement d'un laboratoire et d'installations de formation comprenant le matériel voulu pour assurer les activités de formation. La méthodologie commune est une combinaison d'ateliers, d'entretiens et de formation pratique.

Le secteur électronucléaire dans la région est très différent de ce qu'il était. Des réacteurs modernes VVER 440/213 et 1000 sont reconnus pour leur grande qualité de conception. Dans les modèles plus anciens qui sont toujours en service, les questions de sûreté du passé soulèvent d'importantes préoccupations qui sont traitées en priorité aujourd'hui. La mise à jour des programmes a été lancée. La formation et le perfectionnement du personnel de maintenance et d'exploitation sont dorénavant de pratique courante. Le souci principal n'est plus la productivité des centrales, mais leur sûreté. Grâce à des efforts grandissants, l'objectif de tous les projets de coopération technique de l'AIEA se réalise, soit d'augmenter graduellement les niveaux de sûreté sans priver les pays de l'énergie dont ils ont besoin pour continuer à progresser.

Améliorer le rendement du combustible nucléaire



Un technicien inspecte la structure d'un assemblage combustible. L'intégrité des assemblages combustibles soumis à diverses conditions peut être modélisée grâce à des codes machine complexes. Photo: Framatome

Le combustible nucléaire est fabriqué sur commande pour divers types de centrales et même pour des modèles particuliers. Le bon rendement du combustible est un élément capital pour assurer la rentabilité de la production électrique. Il est aussi indispensable à la sûreté d'exploitation, d'où l'importance pour les autorités de réglementation de disposer de connaissances approfondies sur le dimensionnement, les antécédents de fabrication et les caractéristiques du combustible, ainsi que sur son comportement prévu dans diverses conditions d'exploitation et d'accident du réacteur.

Les usines de fabrication dans de nombreux pays peuvent adapter le combustible à des spécifications particulières. Les pays d'Europe centrale et orientale qui exploitent des réacteurs VVER de conception soviétique achetaient leur combustible de Russie (qui ne vend plus qu'en monnaies convertibles), mais peuvent désormais s'approvisionner à partir du marché mondial. Toutefois, à cause de leur longue dépendance par rapport à l'Union soviétique, les exploitants des centrales nucléaires ne connaissent pas bien le combustible qu'ils utilisent.

Pour les aider à résoudre ce problème, un projet de coopération technique de l'AIEA a été lancé en 1995-1996 pour fournir de la formation et des compétences à la Bulgarie, la Hongrie, la Pologne, la République tchèque, la Roumanie, la Slovaquie, la Slovénie et l'Ukraine, des codes machine clés pour évaluer le rendement du combustible dans

diverses conditions, ainsi que la base de données nécessaire pour que ces pays modélisent eux-mêmes le combustible. A titre de suivi, un nouveau projet de coopération technique de deux ans (1997-1998) pour la région visera à transmettre à chacun de ces huit pays et à la Turquie du savoir-faire en ce qui concerne les procédures d'autorisation et l'utilisation des codes informatiques de modélisation du combustible (procédures normalisées pour établir des modèles mathématiques qui représentent des circonstances réelles ayant des incidences sur le combustible). L'objectif est de faire en sorte que chaque organisme national de réglementation assume un jour indépendamment son mandat réglementaire.

Le projet s'adresse autant aux compagnies d'électricité et aux organismes de réglementation qu'aux concepteurs qui établiront et valideront les codes nationaux relatifs au combustible. Un questionnaire connexe servira à déterminer d'emblée les lacunes dans les connaissances et les besoins particuliers des différents pays. Des cours de formation et des bourses de perfectionnement seront ensuite offerts pour couvrir les lignes directrices de l'Agence concernant la sûreté du combustible, le rôle de l'organisme national de réglementation dans l'autorisation du combustible, les prescriptions de la Convention sur la sûreté nucléaire, l'assurance de la qualité du rendement du combustible, ainsi que les critères de fabrication et de sûreté du combustible à appliquer par les compagnies d'électricité et les organismes de réglementation.

Technologies pour assurer la sûreté des sources irradiées (suite de la page 1)

de l'AIEA, lancés cette année, est d'aider à consolider la radioprotection et à introduire des technologies pour entreposer les déchets radioactifs en toute sécurité.

Comme les déchets radioactifs demeurent actifs et dangereux pendant longtemps, la technologie liée à la gestion des déchets représente un élément essentiel de l'infrastructure nucléaire. Il ne suffit pas que la réglementation assure que les sources radioactives soient manipulées avec le soin voulu lorsqu'elles sont utilisées, si elles sont mises ensuite au rancart sans précaution dès qu'elles ne servent plus et qu'elles deviennent des déchets.

Les techniques de gestion des déchets qui sont transmises aux pays en développement doivent correspondre à leurs besoins et leurs capacités techniques nationales. En général, les pays cibles des projets utilisent peu ou très peu de radio-isotopes. La plupart d'entre eux utilisent des sources dans les hôpitaux et à certaines fins industrielles, comme la radiographie des soudures. Quelques-uns ont aussi des établissements de recherche nucléaire. Le projet vise donc surtout des solutions sensées dans cinq domaines problématiques majeurs.

Le besoin le plus urgent est le conditionnement et l'entreposage des aiguilles de radium irradiées. Ces petites sources de radium 226 ont servi abondamment pendant 70 ans à traiter le cancer partout dans le monde. Leur utilisation est discontinuée depuis longtemps et elles ont été remplacées par des sources plus modernes de rayonnements ionisants. Etant donné que la période radioactive du radium est de 1 600 ans, les sources désuètes devraient être entreposées correctement et à long terme en attendant d'être évacuées. Au lieu de cela, les quelque 15 000 aiguilles répertoriées dans les pays en développement sont souvent mal entreposées et l'on sait que certaines fuient.

Le projet fait appel à une technique relativement simple pour conditionner et entreposer les déchets. L'Uruguay est un exemple typique d'un pays en développement qui a besoin d'une technologie de conditionnement pour ses sources de rayonnements révolues. Toutes les 150 aiguilles et quelques anciennes sources médicales, contenant environ un total de 2,6 g de radium, ont été mises hors service et transférées au centre national de recherche nucléaire (Marie Curie, tout au long de sa longue et héroïque recherche

qui l'a finalement emportée, n'a extrait que quelques milligrammes de radium de la pechblende).

L'AIEA a créé une équipe de trois experts brésiliens spécialement formés pour conditionner ces déchets. Sous la supervision de l'AIEA, les enveloppes de sources blindées ont été ouvertes, inventoriées, glissées dans des capsules en acier qui ont elles-mêmes été soudées. L'étanchéité des soudures a été vérifiée dans le cadre des procédures requises d'assurance de la qualité. Les capsules ont été déposées dans des blindages spéciaux en plomb qui ont ensuite été entreposés dans des barils de 200 L gainés de quelque 500 kg de ciment.

Tout le radium 226 indésirable de l'Uruguay se trouve donc désormais dans quatre barils correctement entreposés et étiquetés, en attendant d'être évacués dans un dépôt géologique destiné aux déchets à période radioactive très longue, dès qu'il sera établi. Quatre autres pays de la région et un autre en Europe se sont engagés dans la même voie que l'Uruguay. Le Nicaragua, le Guatemala et la Jamaïque sont en train de rassembler toutes leurs aiguilles en un seul endroit, comme le réclame le projet. Plus tard, cette année, des équipes d'experts répéteront le même processus qu'à Montevideo. Le Chili a commencé à former sa propre équipe compétente en vertu du projet de modèle interrégional, pour qu'elle accomplisse le travail elle-même. Le projet aidera aussi la Croatie à être le premier pays d'Europe à mettre toutes ses sources de radium en lieu sûr, cet automne.

Le deuxième besoin à combler par le projet est de s'assurer que les sources moins urgentes qui sont communément utilisées en médecine et dans l'industrie soient également entreposées en lieu sûr dès qu'elles ne servent plus et sont considérées comme des déchets. La période radioactive du césium 137, du cobalt 60, de l'iridium 192 et d'autres isotopes n'est pas aussi longue que celle du radium, mais leur activité est intense et ils peuvent être mortels. La solution idéale serait de les retourner au vendeur. Il est possible que les contrats futurs comprennent une disposition obligeant le fournisseur à reprendre les sources irradiées. Rien



Conditionnement des sources scellées irradiées: des participants reçoivent une formation pratique au Centre de Lo Aguirre, au Chili. Photo: V. Friedrich/AIEA

ne dit cependant que cette disposition règlera tous les problèmes de réexportation autant pour les sources déjà importées que pour celles qui le seront. Le projet fournira donc des technologies de conditionnement semblables à celles qui ont été utilisées pour les aiguilles de radium. L'évacuation éventuelle dans des dépôts situés à faible profondeur, du type existant déjà dans de nombreux pays développés, suffit pour ces isotopes qui se désintègreront en relativement peu de temps.

Des contrôles relâchés ou des bouleversements sociaux, comme la guerre, peuvent faire en sorte que des sources soient abandonnées, enfouies dans des ruines ou perdues autrement. Le troisième objectif du projet est de retracer les sources perdues, les récupérer et les entreposer en lieu sûr. Le dépistage des sources qui échappent aux contrôles réglementaires est simple techniquement et rentable par rapport aux effets sur la santé publique et les coûts de nettoyage si elles étaient endommagées ou manipulées incorrectement. Les quatrième et cinquième objectifs du projet concernent les pays qui disposent d'un programme nucléaire étendu (réacteurs de recherche et grands hôpitaux) qui produit régulièrement des déchets radioactifs solides et liquides. Dans ce cas, le projet de modèle comporte des tâches plus longues et plus complexes: d'une part, établir des installations centralisées de traitement et d'entreposage;

d'autre part, actualiser les compétences des opérateurs. La formation des opérateurs est assurée normalement grâce à des missions d'experts qui sont envoyées dans le pays ou à des bourses de perfectionnement et des visites aux centres de recherche dans la région. Un nouveau projet spécial de démonstration dans certains centres nationaux permet aux opérateurs non seulement de voir l'application des techniques de traitement des déchets sur le vif, mais aussi de travailler directement avec des déchets radioactifs.

Cette année, le projet a aidé 10 opérateurs de cinq pays d'Amérique latine à suivre cette formation au Centre d'études nucléaires (CEN) de Lo Aguirre (Chili). Le Centre de recherche de Cekmece, à Istanbul (Turquie), a accueilli

des stagiaires de quatre pays d'Europe et d'Asie de l'Ouest. Des plans sont en cours pour organiser des démonstrations pratiques à l'intention des nouveaux Etats indépendants de l'ex-Union soviétique et de certains pays de la région de l'Asie de l'Est et du Pacifique. La pose de chaque nouvelle brique technologique a amélioré un nombre de pans d'infrastructure, surtout parce que les gouvernements, qui connaissent déjà bien le problème, jugent que les outils fournis par le projet de modèle conviennent bien à leurs besoins.

Désintégration et période radioactives

La période radioactive correspond au délai nécessaire à la désintégration radioactive pour réduire le stock d'un isotope donné à la moitié de sa valeur d'origine. La désintégration se déroule spontanément, sans intervention extérieure. Le taux de désintégration ne varie pas et certains isotopes à longues périodes restent radioactifs pendant des millions d'années. La période radioactive représente un paramètre clé des stratégies et des structures artificielles pour traiter et entreposer les déchets radioactifs en lieu sûr. Comparativement au radium 226 dont la période radioactive est de 1 600 ans, le césium 137, le cobalt 60 et l'iridium 192 ont des périodes radioactives de 30 ans, 5,3 ans et 74 jours respectivement.

Contribution de l'énergie nucléaire

L'énergie est peut-être le principal facteur déterminant pour la croissance et le développement économiques au cours du prochain siècle. Bien que d'interminables statistiques et des analyses attentives laissent entendre que les besoins futurs en énergie confondront l'imagination, les choix pratiques en ce qui concerne les sources d'énergie se réduisent à quelques-unes, chacune avec ses conséquences.

Le nombre total de centrales nucléaires en exploitation s'élève actuellement à 443 dans le monde. En 1996, cinq nouvelles centrales nucléaires d'une puissance électrique nette de 5 717 mégawatts électriques (MWe) ont été couplées au réseau dont deux au Japon et une aux Etats-Unis, en France et en Roumanie, respectivement. En avril dernier, la centrale Wolsong-2 (République de Corée) de 650 MWe a été couplée au réseau. En 1996, la construction de trois nouvelles centrales a commencé, dont deux à Qinshan (Chine) et une à Onagawa (Japon), portant le nombre total de réacteurs nucléaires signalés comme étant en construction à 35 dans 14 pays. Plusieurs Etats Membres, comme le Viet Nam, explorent la faisabilité de l'option électronucléaire de concert avec l'Agence. Le Viet Nam a décidé d'introduire entre 2010 et 2015 une centrale nucléaire de 800 à 1 000 MWe.

L'énergie électronucléaire continuera de jouer un rôle important dans la composition énergétique de nombreux Etats Membres au cours des prochaines décennies. Bien que la plupart d'entre eux favorisent les sources

d'énergie renouvelable, la contribution de ces sources à la demande mondiale en énergie est limitée à environ 2 % et restera vraisemblablement la même au cours de l'avenir prévisible. Etant donné, d'une part, la demande croissante en énergie et en électricité, et d'autre part, l'ombre grandissante des préoccupations à propos de l'effet de serre et des pluies acides, l'électronucléaire demeurera une option particulièrement opportune pour la composition énergétique de chaque Etat. Cela sera fonction d'un certain nombre de variables comme la disponibilité des autres sources d'énergie, l'existence d'une infrastructure industrielle et réglementaire adéquate, l'adhésion du public, etc.

La production mondiale totale d'électricité d'origine nucléaire a atteint 2 300 térawattheures (TWh) en 1996. Ceci est supérieur à la production mondiale d'électricité, en 1958, qui était alors de 1 912 TWh, toutes sources confondues. Les centrales nucléaires ont fourni environ 17 % de la production mondiale d'électricité en 1996. L'expérience cumulée à travers le monde en matière d'exploitation de réacteurs nucléaires civils s'établissait à 8 135 années, à la fin de 1996. En résumé, 17 pays et Taiwan (Chine) dépendent de centrales nucléaires pour alimenter

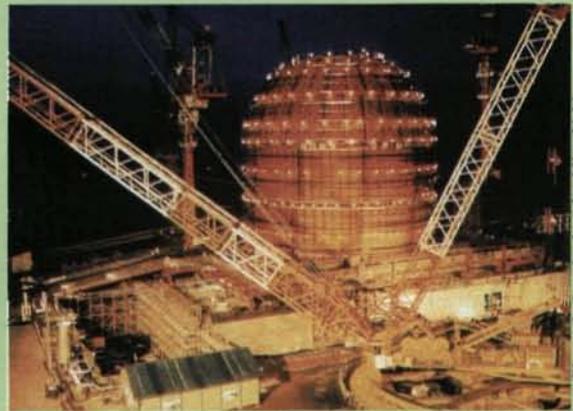


Photo: Industries lourdes Mitsubishi

au moins un quart de leur besoins totaux en électricité.

La décision d'utiliser l'électricité, qu'elle soit produite à partir de l'énergie nucléaire ou de combustibles fossiles classiques, ou qu'elle soit d'origine hydraulique, géothermique ou autre, illustre un procédé de compromis. Le rôle de l'AIEA est de collaborer avec les Etats Membres en vue d'en arriver à des choix judicieux. Ces domaines de collaboration comprennent l'évaluation des sources d'énergie; l'appui technique dans des domaines comme la sûreté, la gestion des déchets, la protection physique; la planification de l'énergie et la formation. L'AIEA est la seule organisation internationale à assumer ce rôle et représente donc un partenaire important pour tracer notre avenir énergétique.

Nouveaux outils et choix énergétiques (suite de la page 1)

mondiale, «Impacts écologiques et sanitaires des systèmes énergétiques», contient des données sur les incidences, non seulement des centrales, mais sur toute l'étendue de chaque cycle énergétique. Une troisième fournit un modèle générique pour les bases nationales de données et peut être adaptée en incorporant des informations spécifiques au pays, comme la demande d'électricité en charge de pointe, la durée de la charge, les conditions hydrologiques, les mises en service et les mises hors service engagées, l'utilisation des sols ou le recours à des combustibles locaux.

Les outils du projet DECADES ont été transmis à quelque 35 pays au cours de la phase I sous forme de cours de formation et de travaux pratiques. Environ 80 stagiaires ont reçu une copie des bases de données et du modèle DECPAC sur disquettes en vue de partager leur expérience avec leurs collègues dans leur pays. Deux ou trois bénéficiaires de chaque pays sont formés à la fois; ils peuvent ainsi entamer des études spécifiques à leur pays pendant leur formation. La plupart des bases nationales de données ont déjà fait l'objet d'examen par des confrères.

La formation assurée pendant la phase I a été complétée par un Programme de recherche coordonnée (PRC) de l'AIEA, d'une durée de trois ans, qui s'est intéressé de près aux études nationales de cas afin d'évaluer et de comparer le rôle potentiel du nucléaire et des autres sources d'énergie pour réduire les émissions de gaz à effets de serre et les autres charges pour l'environnement. Les PRC sont conçus de telle façon que tous les participants suivent les mêmes lignes directrices rigoureuses et présentent des résultats qui soient comparables.

La phase II du PRC, qui a commencé cette année, comporte deux objectifs principaux: améliorer les modèles et les bases de données, et en assurer une vaste distribution. Les bases de données seront étendues pour comprendre d'autres polluants, comme les métaux lourds. Les impacts particuliers des différentes émissions sur la santé humaine, les bâtiments, le bétail et l'environnement en feront partie, puis seront quantifiés, classés par rang ou pondérés. Des modèles seront élaborés en vue de prévoir la demande future en électricité dans différents pays. Un PRC a aussi été institué pour comparer la durabilité des stratégies de production d'électricité dans le temps. La phase II a également pour



Production d'énergie géothermique en El Salvador. Photo: J. Perez-Vargas/AIEA

but d'examiner la totalité du spectre d'énergie plutôt que de se limiter uniquement à la production d'électricité.

La formation est un élément capital pour assurer la dissémination des nouveaux outils, et la cible actuelle est de décerner entre 100 et 200 certificats à des stagiaires au cours de cette phase. Une fois qu'ils maîtriseront les méthodes, les planificateurs pour l'énergie et les décideurs doivent commencer à les appliquer en formulant des plans nationaux réels. Le Brésil et la Croatie seront les deux premiers pays à appliquer les bases de données du projet DECADES et le modèle DECPAC pour mettre au point leur plan national.

La taille du Brésil et l'existence de plusieurs compagnies régionales d'électricité indépendantes et concurrentes ne font que compliquer davantage la mise au point d'un système cohérent. L'électricité joue un rôle crucial dans l'économie de l'Etat de Minas Gerais, qui est axée sur des industries manufacturières dont la consommation d'énergie est élevée. La compagnie d'énergie de l'Etat (CEMIG) connaît déjà le module ENPEP grâce à un projet de coopération technique de l'AIEA qui a pris fin en 1996 et dispose maintenant de capacités considérables pour exécuter des études et prendre des décisions au sujet des besoins futurs en énergie. Un nouveau projet de coopération technique, dont le financement est toujours en suspens, permettrait au CEMIG d'utiliser les outils

du projet DECADES pour intégrer les facteurs sanitaires et écologiques dans les évaluations des systèmes de production de l'électricité. On profiterait aussi de l'occasion pour introduire le module du projet DECADES dans d'autres compagnies d'électricité du pays.

Un projet antérieur de coopération technique en vue d'aider à appliquer les méthodologies de planification de l'énergie de l'Agence en Croatie a été prolongé (1997-1998) dans le but de «renforcer les capacités nationales en vue de ... planifier le secteur de l'énergie» en général. Tous les protagonistes importants du pays participent à l'activité, du Ministère des affaires économiques aux facultés d'université et à la compagnie d'électricité, en passant par la plus grande société pétrolière, l'institut national d'énergie, voire certains organismes non gouvernementaux qui encouragent les énergies en plein essor. Une tâche fondamentale est d'établir une évaluation comparative des différentes solutions pour produire de l'électricité, en se servant du module du projet DECADES. Deux «diplômés» de l'approche DECADES ont des rôles prépondérants dans le groupe de travail qui entreprendra l'étude. Celle-ci devrait être achevée d'ici à 12 mois.

L'électricité en Lituanie dépend principalement de la centrale nucléaire Ignalina construite par l'URSS. Un nouveau projet de coopération technique a débuté plus tôt cette année afin d'aider l'institut national de l'énergie à déterminer des moyens pratiques d'augmenter la production d'électricité, grâce à d'autres sources primaires et même à d'autres centrales nucléaires, à mesure que le pays se dirige vers une économie de marché. On introduira, formera et appliquera les méthodologies fondamentales de planification de l'AIEA (y compris le programme ENPEP) à partir desquelles le modèle DECPAC a été mis au point. Ailleurs, dans deux projets de coopération technique en cours, 26 pays d'Europe et neuf d'Asie de l'Ouest participent à des ateliers, forums techniques et échanges qui leur permettent de se former au programme ENPEP, préparant ainsi le terrain pour utiliser le module DECADES en vue d'élaborer des systèmes énergétiques qui ne nuisent pas à l'environnement ou aux personnes dans des douzaines de pays au cours du XXI^e siècle.

En bref: Précisions et nouveautés

Former les cadres de centrales nucléaires

Un cours régional portant sur les responsabilités de gestion en matière de formation et de qualification du personnel des centrales nucléaires a été organisé par l'AIEA en collaboration avec le gouvernement d'Allemagne et se tiendra au Forschungszentrum de Karlsruhe (Allemagne), du 6 au 10 octobre prochain. Y participeront quelque 20 à 25 cadres supérieurs des compagnies d'électricité, des centrales nucléaires ou des organismes de réglementation des Etats Membres de l'AIEA dans la région de l'Europe et des pays de la Communauté d'Etats indépendants (CEI). La préférence sera accordée aux candidats des pays en développement qui reçoivent l'aide technique de l'AIEA.

Le cours, donné en russe et en anglais, renseignera les cadres sur leur rôle et leurs responsabilités à propos de la formation des opérateurs de centrales nucléaires. Il introduira aussi l'approche systémique de la formation, illustrera comment celle-ci est appliquée à la centrale de Neckarwestheim et couvrira l'établissement de réglementations, politiques et procédures nationales. Enfin, il permettra aux conférenciers et aux participants d'échanger leur expérience et contribuera à la cohérence, à l'efficacité et à l'assurance de la qualité de la formation, de la qualification et de l'autorisation du personnel des centrales nucléaires.

Progrès de la CTPD

L'importance grandissante que l'AIEA accorde à la coopération technique entre pays en développement (CTPD) a été réaffirmée dans une déclaration conjointe avec quatre autres institutions spécialisées appliquant le régime commun des Nations Unies lors de la dixième session du Comité de haut niveau de la CTPD, à New York, au début de mai. Par l'intermédiaire de son programme de coopération technique, l'AIEA a stimulé le développement du secteur privé, aidé au transfert de technologies et de personnel qualifié tant à l'échelle nationale que locale.

L'AIEA encourage la coopération technique entre ses Etats Membres en développement principalement par le truchement de trois accords régionaux de coopération pour la recherche, le développement et la formation en sciences et technologies

nucléaires. Ces accords qui concernent l'Afrique, l'Asie et l'Amérique latine ont pour but d'étendre les responsabilités régionales des programmes financés par l'AIEA, d'autres donateurs et les Etats Membres eux-mêmes.

A titre de partenaire des Etats Membres en développement qui coopèrent mutuellement sur le plan technique, l'AIEA coordonne la collaboration et assure le soutien technique en vue d'améliorer l'autonomie régionale. Par exemple, la campagne internationale pour éradiquer la peste bovine en Afrique compte sur l'AIEA, de pair avec certains laboratoires vétérinaires nationaux, pour vérifier les niveaux d'immunisation et désigner les zones exemptes de peste bovine. Ces laboratoires fonctionnent également comme centres régionaux de formation et de diagnostic, appuyant ainsi l'objectif d'éradiquer la peste bovine en Afrique d'ici à l'an 2000.

Inauguration du CRF à Paks

Un réacteur factice VVER 440/213 a été inauguré officiellement le 29 avril pour servir d'élément central au Centre de renforcement de la formation (CRF) à la centrale de Paks (Hongrie) (voir «Un nouvel usage pour des pièces anciennes», Radiographie de la coopération technique, décembre 1996). Le CRF est unique parce qu'il est le seul réacteur VVER en vraie grandeur, comme ceux qui produisent 50 % de l'électricité en Hongrie, à servir pour la formation pratique. Une meilleure formation sur des com-

posants réels réduira le délai d'arrêt pour maintenance et aidera à éviter les erreurs. Ceci améliorera la sûreté des travailleurs responsables de la maintenance qui passeront ainsi moins de temps en milieu radioactif.

Le projet de 10 millions de dollars a été financé principalement par les autorités hongroises et l'AIEA et par des fonds extra-budgétaires de l'Espagne, des Etats-Unis, du Japon, ainsi que de la Commission européenne par l'entremise de son programme régional PHARE. L'AIEA a donné les composants essentiels qui ont été achetés au prix d'aubaine de 1 million de dollars à partir des projets annulés de construction de réacteurs en Allemagne et en Pologne.

L'impact du projet ne se limitera pas à la Hongrie. Huit autres pays de la région exploitent 45 réacteurs VVER qui produisent entre un tiers et un demi de leur électricité. Les programmes et les installations de formation à la centrale de Paks peuvent servir à former le personnel de maintenance des centrales nucléaires de ces pays et de la centrale de Paks, contribuant ainsi à une exploitation plus sûre des réacteurs dans toute la région. La République tchèque et la Slovaquie ont déjà conclu un accord de formation avec la Hongrie, et il est possible que l'AIEA appuie aussi la formation par des bourses de perfectionnement et des voyages d'étude individuels dans le cadre de son programme de coopération technique.



M. S. Fazakas (à gauche), ministre de l'industrie et du commerce de Hongrie, et M. Qian Jihui, directeur général adjoint de l'AIEA et chef du Département de la coopération technique, inaugurent le CRF à la centrale de Paks. Photo: M. SamieüAIEA

Mieux se protéger contre les séismes

Les séismes sont une préoccupation constante pour le secteur électronucléaire partout dans le monde. Au tout début de l'ère nucléaire, les connaissances sur les séismes étaient très limitées. Depuis 30 ans, cependant, l'étude du comportement des séismes a fait des progrès considérables, tout comme la précision des instruments et les méthodologies pour mesurer de nombreux phénomènes sismiques. Les nouvelles connaissances ont entraîné le renforcement des barrières de sûreté de nombreuses centrales nucléaires. Par exemple, la centrale de Diablo Canyon, située dans une zone sismique en Californie, a été modernisée pour résister à une secousse de 0,76 g (g étant la valeur d'accélération de la gravité en sismologie) à la suite d'un vaste programme d'évaluation des Etats-Unis.

L'industrie nucléaire mondiale s'est engagée à respecter des marges de sûreté rigoureuses dans les centrales nucléaires. Il faut parfois plus de cinq ans d'études et un investissement supérieur à 10 ou 15 millions de dollars des Etats-Unis pour choisir un site acceptable. Une grande variété de disciplines sont sollicitées comme la géologie, la vulcanologie, la sismicité historique et la géophysique. Elles s'intéressent particulièrement à la zone immédiate (rayon de 5 km), à la zone intermédiaire (25 km) et à la zone plus éloignée qui peut atteindre 200 km, et permettent de postuler la magnitude du séisme survenant sur le site une fois tous les 10 000 ans.

C'est seulement à partir de cette base que la conception des centrales est complète. La base de dimensionnement parasismique prévoit quels mécanismes techniques peuvent résister à un séisme égal à la valeur g du site. Les prescriptions étaient beaucoup moins rigoureuses dans les premières années où l'on construisait des centrales nucléaires. Bien qu'il n'y ait pas eu de dommages importants causés à des centrales nucléaires par suite de séismes depuis des dizaines d'années que l'on produit de l'énergie électronucléaire (plus de 8 000 ans au total), l'industrie reste vigilante. Compte tenu du fait qu'il existe 10 fois plus de réacteurs en exploitation (443) qu'en construction (35), la principale tâche est de moderniser les centrales existantes.

Le programme de sûreté parasismique de l'AIEA a aidé des pays comme l'Indonésie, l'Iran, le Maroc et le Pakistan à évaluer rigoureusement le choix des sites des

centrales nucléaires prévues. Par contre, le gros des activités se déroule en ex-URSS et dans les pays d'Europe centrale et orientale. Des travaux substantiels ont été exécutés pour réévaluer la base de dimensionnement parasismique des réacteurs VVER, et particulièrement des modèles les plus anciens, en Arménie, en Bulgarie, en Hongrie et en Slovaquie. D'après ces études, toutes les bases d'origine avaient sous-estimé les paramètres de mouvement du sol. Elles doivent donc être révisées en hausse et les améliorations doivent être conformes aux nouveaux concepts parasismiques. La centrale nucléaire d'Arménie doit être actualisée pour atteindre une valeur de 0,35 g.

Il y a 20 ans, un séisme important dans la région sismique de Vrancea (Roumanie) avait légèrement endommagé les deux réacteurs VVER 440/230 en exploitation à Kozloduy (Bulgarie), à quelque 400 km de là. On a estimé que le mouvement du sol a pu atteindre 0,1 g. Certaines améliorations ont été apportées à la sûreté parasismique dans les tranches 1 et 2, et ont été introduites dans les tranches 3 et 4 qui étaient en construction à l'époque. La nouvelle valeur de la centrale est de 0,2 g.

Deux séries de données sont nécessaires pour formuler ou réévaluer une base de dimensionnement parasismique. L'une concerne tous les séismes précédents aussi loin que l'on puisse remonter, tandis que l'autre analyse les failles tectoniques qui les provoquent. «Dans la plupart des centrales (d'Europe) de l'Est, on n'avait eu recours jusqu'à maintenant qu'aux manifestations sismiques récentes et non à la sismicité historique, a déclaré un expert de l'AIEA dans son analyse. La base de données limitée était insuffisante pour établir la conception d'une centrale nucléaire.»

Les nouvelles Normes de sûreté nucléaire (NUSS) de l'AIEA regroupent les deux séries de données, permettant de les utiliser conjointement pour évaluer la capacité sismique (résistance au choc) de ces centrales et déterminer quelles amé-

liorations sont nécessaires pour atteindre la conception réévaluée. Les améliorations se divisent en deux catégories: d'une part, les réparations dites «faciles» qui peuvent être faites rapidement et à un prix relativement faible et, d'autre part, les améliorations des structures qui s'effectuent à long terme et qui coûtent plus cher. Pour le moment, seules la centrale de Kozloduy précitée et celle de Paks (Hongrie) ont terminé leurs réparations «faciles», tandis que les améliorations de structures ont commencé dans l'une des tranches de la centrale de Bohunice (Slovaquie).

L'AIEA demande qu'un plan de travail méthodique soit adopté dans chaque pays et mis en place selon un calendrier précis. La nouvelle base de dimensionnement parasismique stipule que l'on calcule la magnitude d'un séisme de référence revenant tous les 10 000 ans. Tout pays peut ainsi décider que le fait de repousser l'achèvement des travaux de quelques années est un risque raisonnable, mais il serait inacceptable que le délai soit prolongé indéfiniment.

L'effort consenti par la Bulgarie pour améliorer la sûreté nucléaire à la centrale de Kozloduy est impressionnant et s'est avéré fructueux. Le projet de coopération technique de l'AIEA à Kozloduy (1991-1995) comprenait de l'aide pour terminer les études sismologiques, surtout dans le pays, mais aussi dans la zone sismique de Roumanie. L'Agence a aussi aidé à actualiser l'instrumentation sismique de la centrale. Les Bulgares, avec l'aide technique de l'Association mondiale des exploitants de centrales nucléaires et des fonds provenant du programme PHARE de la Commission européenne, ont élaboré et mis sur pied le programme de réparations «faciles» pour les tranches 1 et 2. Le pays a aussi apporté des améliorations similaires aux tranches 3 et 4 grâce à l'appui des Etats-Unis. L'expérience acquise dans le processus, y compris les préparatifs détaillés pour les réparations «faciles» des quatre tranches, a permis aux autorités bulgares d'élaborer un programme complet pour la modernisation des structures de la centrale de Kozloduy.

RADIOGRAPHIE de la coopération technique est un produit rédigé pour l'AIEA par un journaliste indépendant désigné par Maximedia. Les articles de la série peuvent être librement utilisés. Pour tous renseignements, s'adresser à la Section de coordination des programmes de coopération technique, Agence internationale de l'énergie nucléaire, B.P. 100, A-1400 Vienne, Autriche. Tél. : +43 1 2060 26005. Fax : +43 1 2060 29633. E-mail : TCPROGRAM@IAEA.org