

AEN Infos

2001 – N° 19.2

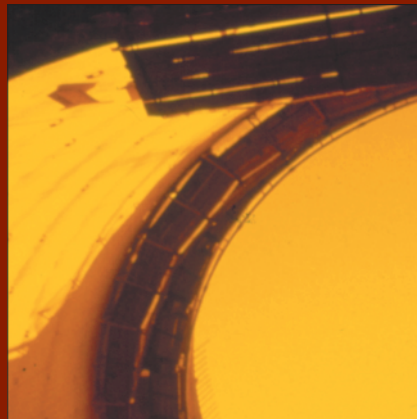
Dans ce numéro :

Tendances du cycle du combustible nucléaire

Une nouvelle politique énergétique aux USA

Risques radiologiques et société

Le rôle de la recherche dans un contexte de réglementation nucléaire

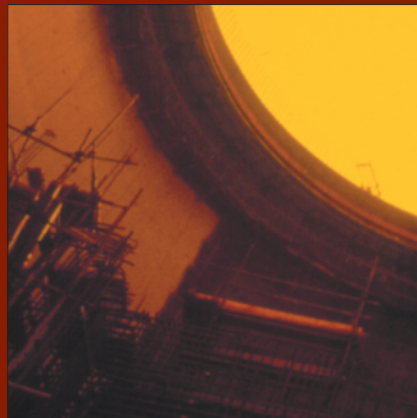


La réversibilité et la récupérabilité dans la gestion des déchets radioactifs

La base de données thermodynamiques sur les espèces chimiques (TDB)

JANIS : un nouveau logiciel de services en données nucléaires

Évaluation des expériences intégrales de sûreté-criticité



AEN Infos est publié deux fois par an, en anglais et en français, par l'Agence de l'OCDE pour l'énergie nucléaire. Les opinions exprimées n'engagent que les auteurs des articles et ne reflètent pas nécessairement les points de vue de l'Organisation ou ceux des pays Membres. Les informations contenues dans *AEN Infos* peuvent être librement utilisées, à condition d'en citer la source. La correspondance doit être adressée comme suit :

Secrétariat de rédaction
AEN Infos
OCDE/AEN
12, boulevard des Îles
92130 Issy-les-Moulineaux
France

Tel : +33 (0)1 45 24 10 10
Fax : +33 (0)1 45 24 11 10

L'Agence de l'OCDE pour l'énergie nucléaire (AEN) a été créée en 1958 sous le nom d'Agence européenne de l'OECE pour l'énergie nucléaire et n'a pris son appellation actuelle qu'en 1972 lorsque sa composition commença à dépasser les frontières de l'Europe. Son but est de promouvoir la coopération internationale dans le domaine de l'énergie nucléaire, notamment du point de vue de la sûreté, de l'environnement, de l'économie, de la législation et des sciences. Elle comprend actuellement 27 pays Membres : l'Allemagne, l'Australie, l'Autriche, la Belgique, le Canada, la Corée, le Danemark, l'Espagne, les États-Unis, la Finlande, la France, la Grèce, la Hongrie, l'Irlande, l'Islande, l'Italie, le Japon, le Luxembourg, le Mexique, la Norvège, les Pays-Bas, le Portugal, le Royaume-Uni, la Suède, la Suisse, la République tchèque et la Turquie.

Pour plus d'informations sur l'AEN, voir :

www.nea.fr

Comité de rédaction :
Jacques de la Ferté
Cynthia Picot

Production/recherches photographiques :
Solange Quarmeau
Annette Meunier

Mise en page/graphiques :
Annette Meunier
Andrée Pham Van

Couverture : l'intérieur d'une tour de refroidissement à la centrale nucléaire d'Asco en Espagne (photo : Empresarios Agrupados SA) et la centrale nucléaire de Callaway, États-Unis (photo : Union Electric Co.).

Faits et opinions

4 Tendances du cycle du combustible nucléaire – aspects économiques, environnementaux et sociaux

8 Une nouvelle politique énergétique aux USA

12 Risques radiologiques et société



Actualités AEN

16 Le rôle de la recherche dans un contexte de réglementation nucléaire

19 La réversibilité et la récupérabilité dans la gestion des déchets radioactifs

23 La base de données thermodynamiques sur les espèces chimiques (TDB)

25 JANIS : un nouveau logiciel de services en données nucléaires

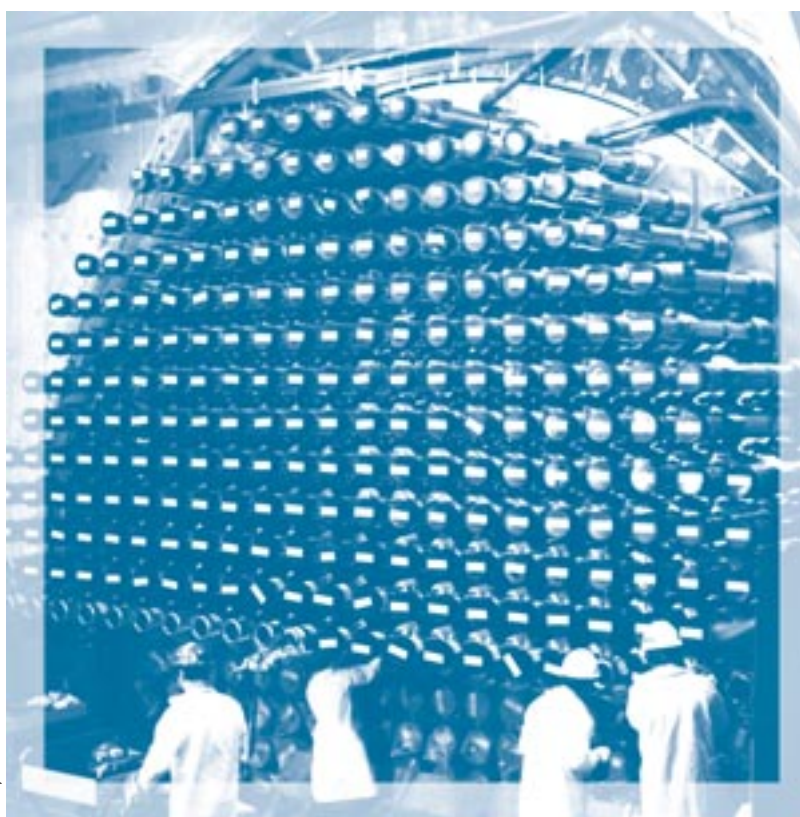
Nouvelles brèves

28 Évaluation des expériences intégrales de sûreté-criticité

29 Les recherches sur l'autocicatrisation dans les milieux argileux pour le stockage souterrain



30 Nouvelles publications



EACL, Canada

Installation de crayons de combustible à la centrale nucléaire de Gentilly 2, au Canada.



L'avenir de l'électronucléaire

Un certain nombre de pays Membres de l'AEN ont manifesté un regain d'intérêt pour l'électronucléaire depuis une année environ. Les raisons en sont bien connues : une reconnaissance accrue de la part de l'opinion publique comme des milieux politiques du fait que l'énergie nucléaire ne produit que des quantités négligeables de gaz à effet de serre, qu'elle peut assurer un approvisionnement en charge de base à des prix stables, et qu'elle est insensible aux perturbations régionales. Globalement, on s'accorde de plus en plus à reconnaître que le recours à l'énergie nucléaire, lorsqu'il est convenablement réglementé et géré, peut être compatible avec les objectifs du développement durable.

Les pays qui jouent la carte de l'option nucléaire commencent donc à projeter et à rechercher sérieusement des innovations qui permettraient d'améliorer encore la compétitivité et la viabilité des systèmes de production d'énergie nucléaire à moyen et à long terme. L'AEN vient d'achever une étude portant sur l'évolution du cycle du combustible nucléaire, dont on trouvera les principales conclusions dans ce numéro. L'Agence participe également au Forum international « Génération IV » (GIF), projet international de grande envergure associant actuellement neuf pays, qui a été lancé par les États-Unis en vue d'étudier de nouveaux modèles de réacteurs nucléaires de la « quatrième génération » à construire dans une trentaine d'années (voir page 8).

Parallèlement cependant, nos sociétés industrialisées sont de plus en plus confrontées à la question délicate de l'acceptation et de la gestion des risques. Comme il n'existe pas de risque zéro garanti – que ce soit dans des centrales nucléaires ou dans toute autre installation de caractère industriel – ce n'est que par le biais de solutions de compromis comprises et acceptées qu'un niveau de risque arrêté d'un commun accord peut être établi en échange d'avantages bien déterminés. Il importe, pour l'utilisation future de l'énergie nucléaire, d'aborder le risque d'une façon socialement acceptable. Cette question du risque et ses incidences sur la prise de décision en matière de radioprotection, sont traitées dans l'article intitulé « La radioprotection dans une perspective sociale ».

Pour maintenir de hauts niveaux de sûreté et de fiabilité dans l'industrie nucléaire, il faudra préserver de solides infrastructures pour l'énergie nucléaire, le savoir-faire technologique et des capacités de recherche, de même que des compétences humaines. Lors d'une récente réunion internationale organisée par l'AEN (voir page 16), des responsables à haut niveau de pays Membres de l'AEN et de l'industrie ont souligné conjointement la contribution essentielle que représente une infrastructure de recherche efficace. Ils se sont mis d'accord sur une déclaration collective à cet effet.

Luis E. Echávarri
Directeur général de l'AEN

Tendances du cycle du combustible nucléaire

Aspects économiques, environnementaux et sociaux

L'énergie nucléaire figure parmi les sources d'énergie utilisées dans le monde depuis près de cinquante ans. Cependant, au cours des trois dernières décennies l'inquiétude accrue du public concernant cette forme d'énergie a suscité des contraintes socio-politiques pesant sur son utilisation. Parallèlement, alors que pendant ces trente dernières années, le monde a été en mesure de faire face à une demande énergétique en augmentation en recourant davantage aux combustibles fossiles, une attention croissante portée à la réalisation d'un développement durable et à l'atténuation du changement climatique ont conduit à un regain d'intérêt pour le rôle potentiel de l'énergie nucléaire dans la part relative future des sources mondiales d'approvisionnements en énergie.

Le rôle de l'énergie nucléaire à l'avenir dans un développement durable revêt de multiples facettes, dont bon nombre ont trait au cycle du combustible nucléaire. En fait, de nombreux aspects de la durabilité sont liés au cycle du combustible : utilisation des ressources naturelles, aspects économiques, déchets produits, adhésion du public, anti-prolifération, pour n'en citer que quelques-uns. En outre la mise au point de nouveaux types de réacteurs à caractéristiques améliorées dans le cas de certains de ces aspects, entraînera généralement des avancées positives dans le cycle du combustible connexe.

On s'accorde en conséquence à reconnaître d'une façon générale qu'il vaut peut-être la peine de reconsidérer d'un œil neuf les options en matière de cycle du combustible nucléaire afin de rechercher d'éventuelles synergies entre les différentes étapes du cycle du combustible et les choix technologiques. À cet égard, le Comité chargé des études techniques et économiques sur le développement de l'énergie nucléaire et le cycle du combustible (NDC) de l'AEN a créé en 1998 un groupe d'experts chargé d'établir un rapport sur les faits nouveaux et l'évolution du cycle de combustible nucléaire qui peuvent améliorer la compétitivité et la viabilité des systèmes de production d'énergie nucléaire à moyen et à long terme. Le groupe d'experts était composé de représentants de l'industrie nucléaire, d'organismes gouvernementaux et d'organisations de recherche intervenant dans les divers aspects du développement du cycle du combustible nucléaire. Ce rapport sera disponible vers la fin de 2001 ¹.

** M. Gérard Pauluis est Directeur du Service approvisionnement combustible de Synatom, en Belgique et ancien Président du groupe de travail dont il est fait mention dans cet article (mél : pauluis@synatom.com); M. Luc Van den Durpel est membre de la Division du développement nucléaire de l'AEN (mél : vddurpel@nea.fr).*

Vue d'ensemble sur le cycle du combustible nucléaire

Les cycles du combustible en usage à l'heure actuelle sont le fruit de quatre décennies de progrès technologique ayant pour objectif d'établir une source d'énergie fiable, assurée, sûre et rentable. Toutefois, les éléments de base de ces cycles du combustible ont été établis au début de cette période, à une époque où les « règles du jeu » et les objectifs de mise en valeur étaient différents de ce qu'ils sont aujourd'hui. De nombreuses décisions prises à cette époque exercent encore une influence sur l'industrie du cycle du combustible. Afin de satisfaire les besoins d'un programme militaire déjà important, et étant donné la croissance rapide escomptée de la production nucléaire, de grandes installations liées au cycle du combustible avaient été construites pour les étapes du cycle du combustible de l'exploitation minière, de la transformation et de l'enrichissement, de même que des installations de retraitement avaient été construites afin de fournir le plutonium destiné à servir de combustible aux réacteurs surgénérateurs qu'il était prévu d'introduire. Le ralentissement des programmes électronucléaires civils, qui est intervenu depuis les années 80, conjointement avec les accords passés en vue de réduire les programmes d'armement nucléaire, ont conduit à la situation actuelle où les capacités de production des installations du cycle du combustible, à l'exception de l'exploitation minière de l'uranium, dépassent la demande.

La demande actuelle d'uranium naturel s'élève à environ 60 000 tonnes par an. Les stocks et les ressources connues en uranium pourraient couvrir de l'ordre de 60 ans de consommation des réacteurs existants, et l'on considère que les ressources effectives en uranium sont beaucoup plus importantes. On estime à environ 15 millions de tonnes les ressources classiques en uranium, soit quelque 250 ans de consommation à la cadence actuelle². Avec un tel niveau de réserves et vu l'avenir incertain visant la construction de nouvelles centrales nucléaires, il n'existe à l'heure actuelle guère d'incitations économiques à mener des travaux de prospection de l'uranium. Des ressources supplémentaires pourraient être obtenues grâce à l'extraction de l'uranium contenu dans l'eau de mer (quelque 4 000 millions de tonnes), soit des approvisionnements virtuellement illimités, à condition que la mise en valeur de ces ressources devienne économiquement viable et soit acceptable du point

de vue de l'environnement. Les besoins en uranium seraient moindres si l'on a recours au recyclage, à des surgénérateurs rapides ou au thorium.

Alors que la disponibilité de l'uranium peut ne pas constituer une contrainte pesant sur l'utilisation de l'énergie nucléaire sur une plus grande échelle, d'autres étapes du cycle du combustible, par exemple l'évacuation des déchets, peuvent devenir des facteurs limitatifs et exigeront d'opérer des choix en matière de cycle du combustible au cours de la décennie à venir.

Plusieurs initiatives de mise au point technologique ont été lancées au cours des décennies passées, tant en amont qu'en aval du cycle du combustible nucléaire. Certaines de ces initiatives s'inscrivent dans un effort à plus long terme, visant par exemple le recyclage complet. D'autres programmes de mise au point à court terme en cours dans l'industrie, comportent des éléments importants pour de nouvelles réductions des coûts et des incidences sur l'environnement. Par exemple, de nouvelles techniques d'extraction du minerai d'uranium ont été mises au point et des mesures de protection de l'environnement ont été adoptées afin de ramener les incidences de l'extraction et du traitement de l'uranium à des niveaux très faibles, comparables au fond naturel de rayonnement. Dans le domaine de l'enrichissement de l'uranium, la mise au point du procédé par centrifugation a conduit à une réduction des coûts principalement imputable à une diminution de la consommation d'énergie d'un facteur de cinquante par rapport à la technologie de la diffusion gazeuse. Ce procédé sera probablement prédominant dans le domaine de l'enrichissement à moyen terme. Cependant, l'enrichissement par laser ne devrait pas être exclu à plus long terme, car il permet des économies encore plus importantes et un réenrichissement sélectif de l'uranium retraité.

On observe une tendance continue à améliorer les performances, la fiabilité et la sûreté de la conception et de la fabrication du combustible. L'optimisation du combustible porte sur l'intégration d'aspects amont et aval avec l'amélioration des performances opérationnelles des centrales nucléaires. À cet égard, des formes novatrices de combustible sont en cours de mise au point, pour une part dans le cadre d'une stratégie du cycle de vie, afin d'aboutir à des réductions des quantités de combustible irradié, et partant des charges à long terme, à une meilleure conservation des ressources, et parallèlement à des améliorations de la disponibilité des centrales et à des réductions des coûts du cycle du combustible.

Alors que l'avantage économique du retraitement peut varier dans le temps, il offre la possibilité de réduire la consommation d'uranium de même que la quantité de déchets à évacuer et leur radiotoxicité globale. Plus en aval du cycle du combustible, les solutions proposées aujourd'hui en matière d'évacuation des déchets sont principalement propres à chaque pays. Plusieurs solutions ont été suggérées pour l'évacuation définitive des déchets de haute activité à vie longue, ayant atteint un stade d'avancement permettant aux experts scientifiques et techniques d'avoir confiance dans leur faisabilité et leur sûreté. Un consensus social et politique limité a toutefois différé la mise en œuvre de ces solutions.

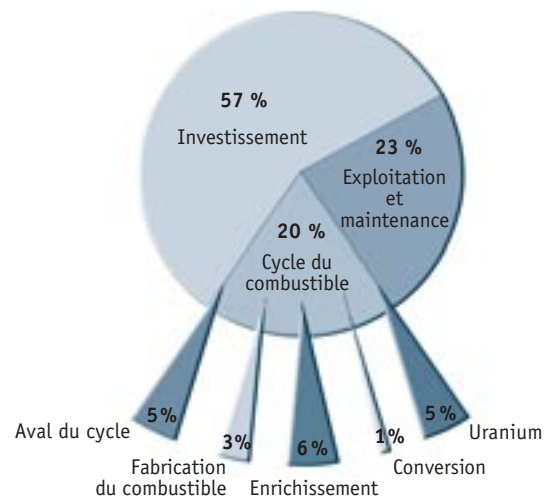
Deux options supplémentaires en matière de gestion des déchets souvent examinées dans les débats publics et scientifiques à l'heure actuelle sont le stockage prolongé des déchets (plutôt que l'évacuation sans possibilité de reprise) et la séparation et la transmutation des radionucléides à vie longue renfermés dans les déchets. La séparation et la transmutation impliquent de traiter les déchets en vue d'en extraire les radionucléides à vie longue, spécialement les actinides mineurs, qui sont ensuite irradiés dans un système de réacteur nucléaire afin d'obtenir des produits ayant une période radioactive plus brève, réduisant ce faisant la durée pendant laquelle il faudra les isoler de l'environnement. Des installations industrielles spéciales devront être construites et exploitées pendant de longues périodes de temps pour parvenir à ce résultat. Au demeurant, on s'accorde à reconnaître qu'il ne serait pas possible dans la pratique d'appliquer cette technique à tous les types de déchets, de sorte que certaines quantités de matières radioactives exigeraient encore un confinement à long terme. Bien que les deux options puissent faire partie d'une stratégie globale de gestion des déchets et que le stockage prolongé sur quelques décennies soit déjà prévu dans certains pays, aucune de ces options ne permet d'éviter totalement la nécessité de recourir à une forme ou une autre d'évacuation définitive, telle qu'un dépôt dans des formations géologiques. Les chercheurs et les gestionnaires responsables de la mise au point de solutions en matière de gestion des déchets demeurent donc convaincus d'une façon générale qu'il faudra continuer de progresser dans la voie de la mise en œuvre de l'évacuation définitive.

Dans le contexte de ces évolutions concernant le cycle du combustible, il convient de noter que l'électronucléaire présente un très haut degré de stabilité à long terme en ce qui concerne le prix de

la matière première du combustible nucléaire (l'uranium). Le coût du cycle du combustible nucléaire représente 20 % environ du coût total de production de l'électricité d'origine nucléaire, alors que les coûts du combustible peuvent atteindre jusqu'à 80 % du coût de production de l'électricité à partir de combustibles fossiles. Il importe aussi en particulier de noter que les coûts de gestion et d'évacuation des déchets, de même que de déclassement des centrales nucléaires et des installations du cycle du combustible, sont déjà « internalisés » dans les coûts de production de l'électricité d'origine nucléaire.

L'opposition actuelle du public à l'énergie nucléaire se focalise pour une large part sur le transport

Répartition des coûts de la production d'électricité d'origine nucléaire*



* Cette répartition est à titre indicatif seulement : par exemple un faible coût de l'uranium (avoisinant les 40 \$/kgU) résulterait en une plus petite proportion du coût de la production de l'électricité.

du combustible irradié et des déchets de haute activité, en dépit du fait que l'industrie a accumulé plus de 40 ans d'expérience en la matière sans connaître un seul accident ayant des conséquences radiologiques pour le public et l'environnement.

Seul un petit nombre d'accidents ayant des conséquences radiologiques notables se sont produits dans les pays Membres de l'OCDE au cours des cinquante dernières années dans quelques installations liées au cycle du combustible nucléaire. Ces événements, certes rares, exigent de maintenir un respect strict des prescriptions réglementaires de même qu'une gestion de la qualité à chaque stade du cycle du combustible.

Le risque de prolifération figure aussi parmi les préoccupations publiques et politiques. Un régime de garanties institutionnelles a été mis en place pour prévenir le détournement de matières provenant du cycle du combustible nucléaire civil à des fins militaires ou terroristes. De nouveaux

progrès des technologies des réacteurs et du cycle du combustible peuvent aussi contribuer à conférer aux installations du cycle du combustible une résistance accrue à la prolifération, offrant une protection accrue contre de tels détournements.

Travaux futurs de mise au point : défis à relever

Étant donné le contexte actuel régi par les forces du marché, l'industrie ne dispose que d'une capacité limitée pour financer la R-D à long terme nécessaire pour élaborer et mettre en œuvre des cycles du combustible de type avancé. Les pressions politiques et des priorités budgétaires concurrentes se sont de même employées à réduire le financement de la R-D nucléaire par les gouvernements. Certains signes laissent penser que le financement public est susceptible d'augmenter dans un proche avenir, mais les contraintes budgétaires devraient limiter le nombre des options en matière de cycle du combustible pouvant être étudiées.

Une planification détaillée, qui inclut la prise en considération des facteurs économiques, environnementaux et sociaux dans une évaluation comparative équilibrée et intégrée des différentes options, prendra une importance croissante dans l'élaboration et la prise de décision visant les programmes de R-D à long terme et les politiques énergétiques, notamment dans le cas de l'électronucléaire. Ce secteur est confronté à d'importants défis en ce qui concerne le cycle du combustible nucléaire, à savoir :

- La mise en œuvre de concepts de réacteurs et de cycles du combustible avancés demeurera un processus de longue haleine et coûteux. Des programmes multilatéraux ou internationaux de R-D en coopération revêtiront par conséquent une importance croissante afin de mettre en commun des ressources financières limitées et de tirer parti des synergies entre activités de R-D, abrégant ainsi le processus qui va du concept à la réalité industrielle. Il existe effectivement quelques exemples de telles activités en coopération, en particulier le Forum international « Génération IV » (GIF) lancé sur l'initiative des États-Unis, le Projet international sur les réacteurs nucléaires et les cycles du combustible nucléaire innovants (INPRO) dirigé par l'AIEA, et le réacteur modulaire à lit de boulets.
- Des moyens d'évacuation définitive du combustible irradié et des déchets de haute activité devraient être mis en place afin de démontrer au public que l'industrie gère ses déchets et que les systèmes d'évacuation, pour lesquels on dispose



TVO, Finlande

Construction d'un dépôt de déchets radioactifs à Olkiluoto, en Finlande.

déjà des technologies requises, peuvent être exploités moyennant des incidences très limitées sur l'environnement.

- Dans une perspective à long terme, il importe de poursuivre la mise au point de réacteurs et de cycles du combustible avancés, intégrant un recyclage complet des actinides, afin de réduire la quantité globale de déchets exigeant une évacuation ou d'abrégier les temps de confinement requis, de même que d'améliorer l'efficacité avec laquelle les ressources naturelles sont utilisées.

Conclusions

Les différents faits nouveaux évoqués dans le rapport montrent que l'électronucléaire est susceptible de constituer une source d'énergie durable. Les gouvernements et l'industrie ont déjà élaboré des mesures de protection de l'environnement dans le cycle du combustible nucléaire, notamment s'agissant du transport, et continuent de perfectionner ces mesures. Il ne subsiste pas de problèmes techniques majeurs à court terme et les cycles actuels du combustible peuvent au fond être considérés comme une activité industrielle parvenue à maturité ayant une très faible incidence sur l'environnement dans les pays de l'OCDE. Les progrès technologiques en cours offrent diverses possibilités d'utiliser l'énergie nucléaire dans un contexte de développement durable. Le choix final dépend essentiellement de considérations socio-politiques. À cet égard, la participation des parties prenantes devra être améliorée et il conviendra de rechercher un consensus si l'on veut que cette industrie concrétise son potentiel. ■

Notes

1. AEN (2001), *Le cycle du combustible nucléaire : Aspects économiques, environnementaux et sociaux*, OCDE, Paris.
2. AEN et AIEA (2000), *Uranium 1999 – Ressources, production et demande*, OCDE, Paris.

Une nouvelle politique énergétique aux USA

En 1954, les États-Unis se situaient à l'avant-garde de la mise au point de la technologie nucléaire commerciale. Au cours de cette année historique, le Congrès américain a amendé la Loi sur l'énergie atomique afin de permettre à des intérêts privés de posséder et d'exploiter des réacteurs nucléaires. Très peu de temps après, la Commission de l'énergie atomique (*Atomic Energy Commission, AEC*, qui a été remplacée par le Ministère de l'énergie, le *Department of Energy, DOE*) a mis en place en coopération avec le secteur des compagnies d'électricité un programme de démonstration des réacteurs de puissance qui a apporté un appui direct et prolongé à la construction de centrales nucléaires commerciales. Le 18 mars 1954, cette initiative a porté ses fruits pour la première fois avec la conclusion d'un contrat entre l'AEC et la société *Duquesne Light Company* de Pittsburgh en vue de la construction de la centrale de Shippingport, première centrale nucléaire commerciale aux États-Unis.

Cette première réalisation qui a fait école, a été le résultat de la vision claire développée aux niveaux les plus élevés du gouvernement des États-Unis dans les années d'après-guerre. Cette vision leur a permis de reconnaître le rôle stratégique et technologique sans équivalent que la technologie nucléaire jouerait tant dans les sphères civiles que dans celle de la sécurité et de voir que la commercialisation de cette nouvelle technologie était la clé de la prééminence américaine dans la seconde moitié du vingtième siècle.

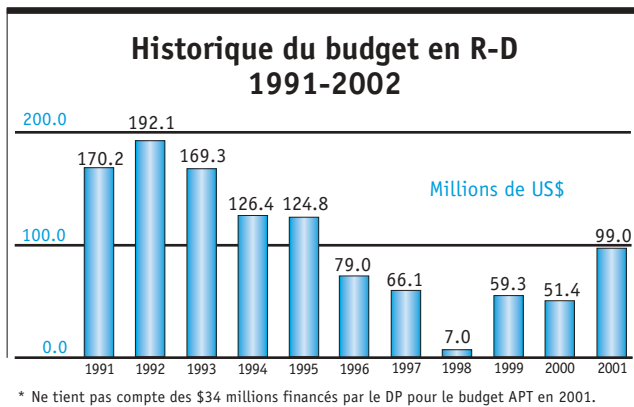
L'internationalisation des marchés incite l'industrie à axer son attention sur ce que les dirigeants passés du commerce auraient considéré comme une vision étonnamment à courte vue. À l'échelle mondiale, l'investissement de l'industrie dans la recherche et le développement à long terme est en train de chuter. Les dirigeants ont les yeux braqués plus sûrement que jamais sur les fluctuations

des marchés plutôt que sur les besoins futurs de leurs industries en matière de technologie. En conséquence, le rôle des pouvoirs publics dans la création de perspectives à long terme prend de l'importance.

Au cours de la dernière décennie, on peut à juste titre estimer que, du moins dans le domaine de l'énergie nucléaire, on a omis aux États-Unis de reconnaître l'importance de ce rôle des pouvoirs publics. En fait, il ne serait pas abusif de suggérer que, certaines années, il a semblé que la politique américaine commençait à dessiner un avenir ne laissant aucune place à l'électronucléaire. Le financement de la recherche et du développement visant l'énergie nucléaire a chuté aux États-Unis pendant les années 90. Le programme américain avait presque entièrement disparu en 1997 et il était dénué d'une direction claire, d'une ligne d'action cohérente et de fonds suffisants pour accomplir sa mission fondamentale.

Heureusement, cette situation s'est retournée à une date récente. Les réalités tant du marché actuel que du besoin futur de l'énergie nucléaire sont devenues manifestes et incontestables. Aujourd'hui, les centrales nucléaires américaines ont à leur crédit un remarquable bilan de sûreté et elles y sont parvenues tout en produisant plus d'électricité que jamais auparavant, malgré la fermeture de plusieurs centrales au cours des années 80 et 90. Par ailleurs, les centrales nucléaires produisent une partie de l'énergie électrique la plus rentable disponible sur le réseau américain. Quant à l'avenir, la prise en considération de la menace potentielle que représentent les émissions de dioxyde de carbone, devrait amener l'énergie nucléaire à figurer en bonne place dans tout scénario réaliste de maîtrise des émissions.

* M. William D. Magwood, IV est Directeur de l'énergie nucléaire, science et technologie, au Ministère de l'énergie des États-Unis (US Department of Energy), (mél : william.magwood@hq.doe.gov).



Cette confrontation à la réalité a été profitable tant pour le programme d'énergie nucléaire du DOE que pour les perspectives de construction de nouvelles centrales nucléaires envisagées par l'industrie. Dans les deux cas, la situation commence à paraître plus saine qu'à aucun moment depuis le début des années 90. Cependant, la politique des États-Unis visant le développement de la technologie de l'énergie nucléaire a manqué de la clairvoyance qui a rendu possible sa croissance au cours des années 50.

Cette lacune a finalement été comblée au début de cette année avec la publication de la politique énergétique nationale du Président Bush selon laquelle : « ...elle recommande que le Président appuie le développement de l'énergie nucléaire aux États-Unis, s'agissant d'une composante majeure de notre politique énergétique nationale. »

Cette politique formule des recommandations plus détaillées qui préconisent des processus réglementaires plus efficaces pour le renouvellement des autorisations relatives aux centrales nucléaires existantes et la construction de nouvelles, pour la mise au point de cycles du combustible nucléaire avancés et de technologies des réacteurs de la prochaine génération, et pour la participation avec la communauté internationale à l'étude de technologies avancées de recyclage du combustible irradié. Depuis sa publication en mai 2001, ce document a fourni des orientations stratégiques au DOE et à d'autres organismes de l'Administration fédérale, dans la planification et la mise en œuvre de politiques, de pratiques, de règlements et de programmes visant à concrétiser la vision du Président en vue d'assurer aux États-Unis des approvisionnements énergétiques sûrs et fiables maintenant et à l'avenir. Le défi auquel nous sommes confrontés est de mettre en œuvre avec efficacité cette vision.

Dans le cas du programme d'énergie nucléaire du DOE, cela a revêtu la forme de deux activités essentielles qui serviront de base au programme

dans un avenir prévisible. Il s'agit de « *Nuclear Power 2010* » (Électronucléaire 2010) et de « *Generation IV Nuclear Energy Systems Initiative* » (Initiative visant les systèmes d'énergie nucléaire de génération IV) qui reflètent la nouvelle ligne de réflexion suscitée par la politique énergétique nationale et les réalités de la recherche et du développement en matière d'énergie nucléaire dans le monde d'aujourd'hui. Ces deux activités essentielles ont été planifiées et lancées sous la tutelle du Sous-comité pour la planification de la technologie de génération IV du Comité consultatif pour la recherche sur l'énergie nucléaire (NERAC) du DOE, dirigé par Neil Todreas du *Massachusetts Institute of Technology* (MIT) et Sol Levy ex-membre de la société *General Electric*.

Électronucléaire 2010

Électronucléaire 2010 est une réponse directe à l'appel formulé dans la politique énergétique nationale à soutenir le développement de l'électronucléaire aux États-Unis. Cette activité a pour objectif de promouvoir la construction de nouvelles centrales nucléaires aux États-Unis avant la fin de la décennie, avec une préférence marquée pour le lancement de tels projets avant la fin de 2005.

Compte tenu de cet objectif, le DOE invite l'industrie à participer à un vaste examen en coopération des façons dont cet ambitieux objectif peut être atteint. Heureusement, il a trouvé des partenaires disposés à se lancer dans cette quête. L'Institut de recherches sur l'énergie électrique (EPRI) travaille déjà avec ses compagnies d'électricité adhérentes à l'évaluation de nombreux aspects des nouvelles technologies de réacteurs. À un niveau plus stratégique, l'Institut de l'énergie nucléaire (NEI) a publié son plan pour l'avenir intitulé *Vision 2020*. Ce plan préconise de maintenir la part d'environ 30 % de l'électronucléaire parmi les technologies énergétiques n'émettant pas de gaz à effet de serre, car la demande d'électricité aux États-Unis augmentera selon les projections de 50 % au cours des deux prochaines décennies. Pour atteindre cet objectif, il faudrait accroître de 10 000 MW la puissance installée des centrales nucléaires américaines existantes grâce à des perfectionnements, et ajouter 50 000 MW de plus correspondant à de nouvelles centrales nucléaires pour les approvisionnements en électricité des États-Unis, ce qui représente de l'ordre de 40 à 50 nouvelles centrales nucléaires au cours des vingt prochaines années.

D'un point de vue pratique, cela a conduit à la création d'un Groupe spécial à haut niveau sur les nouvelles centrales au sein du NEI, qui s'efforce de définir et de proposer des solutions aux problèmes

réglementaires et commerciaux que le secteur doit résoudre afin de dégager la voie pour la construction de nouvelles centrales nucléaires. En outre, d'autres efforts sont en cours afin de préparer la mise au point et l'application des technologies électronucléaires à court terme. Parmi ceux-ci on peut citer les travaux de la société Exelon qui envisage d'introduire aux États-Unis la technologie du réacteur nucléaire à lit de boulets, et l'établissement de groupes intéressés de compagnies d'électricité susceptibles d'acheter le Réacteur modulaire à hélium à turbine à gaz de la société *General Atomic* et l'AP-1000 de la société *Westinghouse*. Le DOE participe à toutes ces activités, intervenant en qualité de partenaire, de conseiller ou de fournisseur de ressources techniques en tant que de besoin. Le DOE mène également des activités de recherche et de développement concernant la technologie des réacteurs à gaz et les systèmes à sûreté passive pour les grands réacteurs à eau ordinaire, et il collabore avec la Commission de la réglementation nucléaire (NRC) en vue d'élaborer un cadre permettant de définir des critères réglementaires applicables aux réacteurs avancés refroidis par gaz.

Il faut souligner que tous ces efforts s'inscrivent dans le cadre de l'initiative Électronucléaire 2010. Par exemple, bon nombre de participants aux activités mentionnées plus haut jouent un rôle direct dans la création du document de planification fondamental à l'appui de cette initiative : Plan de marche pour la mise en place de nouvelles centrales nucléaires aux États-Unis d'ici à 2010 (*Nuclear Power 2010: A Roadmap to Deploy New Nuclear Power Plants in the United States by 2010*). Ce Plan

de marche, qui sera diffusé vers la fin de 2001 par le NERAC, représente le stade le plus avancé de réflexion aux États-Unis quant aux dispositions particulières à prendre pour permettre la construction de nouvelles centrales nucléaires selon un calendrier dynamique. Le Groupe responsable du document a sollicité des apports de vendeurs de technologie du monde entier, dont il s'est assuré une importante participation. À la suite d'un processus très ouvert, le Groupe a défini huit modèles de réacteurs qui ont servi d'options technologiques susceptibles d'être mise en place aux États-Unis.

D'une façon générale, ce Plan de marche met en exergue les efforts en coopération entre l'industrie et les pouvoirs publics qu'il convient d'entreprendre pour permettre à l'industrie de prendre les décisions commerciales de construire de nouvelles centrales. L'essentiel de cette coopération serait axé sur trois phases :

- démontrer que les outils réglementaires jusqu'à présent non testés, qui sont actuellement en vigueur aux États-Unis, peuvent appuyer la mise en place de nouvelles centrales nucléaires ;
- mener à bonne fin les travaux d'essai, d'ingénierie et de planification détaillés nécessaires pour introduire les technologies retenues par le marché d'ici à 2010 ; et
- mettre en place les nouvelles centrales.

La réalisation de cet objectif revêtira une importance primordiale pour l'avenir à long terme. Comme il est vrai que sans le succès démontrable de l'exploitation des centrales nucléaires actuelles au cours des vingt dernières années, il serait

Technologies susceptibles d'être mises en place à court terme

Modèle	Constructeur	Puissance et type	Caractéristiques essentielles
REB de type avancé	GE	1 350 MWe REB	REB évolutif de type avancé, modèle certifié par la NRC, construit et exploité au Japon.
SWR-1000	Framatome ANP	1 013 MWe REB	REB de type avancé ; doit satisfaire les prescriptions européennes.
REB simplifié	GE	1 380 MWe, REB à caractéristiques de sûreté passive	Fondé sur un modèle de REBS antérieur, mais d'une puissance supérieure et de dimensions physiques moindres par kWe installé.
AP-600	Westinghouse	610 MWe, REP à caractéristiques de sûreté passive	REP de type avancé à sûreté passive, modèle certifié par la NRC.
AP-1000	Westinghouse	1 090 MWe, REP à caractéristiques de sûreté passive	Version de plus forte puissance de l'AP-600, pas encore certifié.
IRIS	Westinghouse	100-300 MWe, REP	Modèle de centrale à circuit primaire intégré ; élimine les APRP classiques.
PBMR	ESKOM	110 MWe, réacteur modulaire à lit de boulets refroidis par gaz	Modèle modulaire à lit de boulets à cycle direct refroidi par hélium, dont la construction est actuellement prévue en Afrique du Sud.
GT-MHR	General Atomics	288 MWe, réacteur à cœur prismatique, modéré au graphite et refroidi par gaz	Réacteur modulaire à cycle direct refroidi par hélium, dont la construction en Russie fait l'objet d'une procédure d'autorisation ; doit produire de l'électricité et permettre de consommer le plutonium en excédent de qualité armement.

Évolution de l'électronucléaire

1950	1960	1970	1980	1990	2000	2010	2020	2030
Génération I		Génération II			Génération III		Génération III+	
<i>Premiers réacteurs prototypes</i>		<i>Réacteurs de puissance commerciaux</i>			<i>REO de type avancé</i>		<i>Modèles évolutifs de génération III présentant une rentabilité améliorée</i>	
Shippingport, Dresden, Fermi I, Magnox		REO-REP, REB, CANDU VVER/RBMK			REB de type avancé System 80+, AP-600 EPR		<i>Très économique, à sûreté accrue, à déchets réduits, anti-proliférants</i>	

impossible d'envisager la construction de nouveaux réacteurs d'ici à 2010, il est vrai également que la prise en considération de technologies à plus long terme n'aurait pas de sens sans la mise en place réussie de nouvelles centrales nucléaires au cours de cette décennie. Faute d'une telle mise en place, l'infrastructure aux États-Unis, qui sera déterminante à l'avenir – expérience pratique de projets, compétences techniques, expérience de la construction, infrastructure en matière d'éducation, etc. – a peu de chance de perdurer jusqu'à la deuxième décennie de ce siècle.

Génération IV

Le DOE applique également des mécanismes originaux pour mettre en œuvre les aspects à plus long terme de la politique énergétique nationale. L'Initiative visant les systèmes d'énergie nucléaire de génération IV exprime la conviction aux États-Unis – de même que dans d'autres pays – que la prochaine étape dans l'évolution de l'électronucléaire doit être le résultat d'un effort international coordonné. Le paradigme d'un passé plus simple, où dans plusieurs pays les gouvernements et les industries ont œuvré au plan intérieur afin de mettre au point des systèmes électronucléaires pour leur propre marché national, en gardant en vue des exportations possibles, ne répondra pas aux besoins d'un avenir plus internationalisé et davantage régi par le jeu de la concurrence. Aucun pays ne disposera des ressources ou des débouchés capables d'étayer la mise au point et l'application de technologies uniquement orientées vers un marché national. L'internationalisation des secteurs de l'électronucléaire et des compagnies d'électricité a rendu l'ancien modèle encore moins opérant. Le succès futur dépend de la coopération et d'efforts coordonnés.

Ainsi, l'Initiative génération IV, bien qu'ayant vu le jour en Amérique, est rapidement devenue un effort international. Après que le NERAC du DOE a défini les objectifs globaux ambitieux en matière de technologie pour les systèmes de la prochaine génération, le Forum international

Génération IV (GIF), comptant neuf pays, a affiné et adopté ces objectifs et les a fait siens pour son propre usage. Ces objectifs, qui représentent des défis dans les domaines de la durabilité, de la sûreté et de la fiabilité ainsi que des aspects économiques, peuvent être consultés sur le site web du DOE à www.nuclear.gov. À l'heure actuelle, le NERAC et le Forum collaborent à l'application de ces objectifs à un grand nombre de concepts de technologie nucléaire recensés et caractérisés par plusieurs groupes de travail techniques internationaux qui organisent les efforts de plus d'une centaine d'experts techniques d'une douzaine de pays. L'année prochaine, grâce à l'application d'une méthodologie arrêtée d'un commun accord, ces travaux permettront de cerner environ six concepts autour desquels les membres du GIF organiseront des projets conjoints de recherche. Nous espérons définir des projets spécifiques en collaboration, dont bon nombre seraient coordonnés par l'Agence pour l'énergie nucléaire, lors d'une réunion du Forum qui se tiendra l'année prochaine.

Conclusions

Nous avons pour objectif de travailler avec l'industrie et nos partenaires internationaux en vue d'assurer un brillant avenir à l'énergie nucléaire tant aux États-Unis qu'au plan international. Nous sommes persuadés que nos efforts représentent un début solide au travail ardu consistant à donner forme à la vision du Président Bush. Comme c'était le cas il y a 45 ans, il est vrai aujourd'hui que cet effort ne sera ni aisé, ni peu coûteux. Mais contrairement à l'époque d'Eisenhower, cette étape de la technologie nucléaire est affranchie du contexte de la Guerre froide. Ce fait permettra à la coopération pragmatique la plus large de mettre des technologies nucléaires avancées à la disposition du marché concret le plus vaste. De cette façon seulement, à notre avis, l'énergie nucléaire aura un avenir prometteur à long terme et sera capable d'offrir ses avantages en toute sécurité et dans des conditions rentables aux populations d'un monde de plus en plus interdépendant. ■

Risques radiologiques et société

La société contemporaine se montre de plus en plus désireuse de participer activement aux décisions prises par les pouvoirs publics dans le domaine de la santé, de la sûreté et de la protection de l'environnement. Étant donné les efforts accomplis par les gouvernements pour mieux cerner ses intérêts et davantage tenir compte de ses besoins dans les procédures de prise de décision, il est désormais possible de commencer à mettre en évidence les questions de politique générale et les enseignements communs.

L'évolution de la place des considérations sociales dans le secteur nucléaire reflète celle observée pour les questions plus générales de gouvernance. Au sein de la communauté des radioprotectionnistes, le rôle des parties prenantes occupe petit à petit une place centrale dans les débats sur les politiques et de toute évidence joue un rôle déterminant dans les décisions relatives à l'élaboration et à la mise en œuvre des politiques de protection radiologique.

L'intérêt de la société pour les problèmes d'identification, d'évaluation et de gestion du risque radiologique trouve souvent écho dans la presse. Ainsi, de nombreux articles ont été consacrés aux efforts déployés récemment pour enquêter sur le rôle joué par l'uranium appauvri dans le « Syndrome de la guerre du golfe » et ce que l'on ne manquera pas d'appeler le Syndrome des Balkans. Ces articles sont le fruit de l'inquiétude manifestée non pas par les radioprotectionnistes mais par le public et les hommes politiques. Parmi les autres situations radiologiques qui ont récemment attiré l'attention des dirigeants politiques, du public et de la presse citons :

- l'accord conclu lors de la réunion de la Commission OSPAR à Sintra aux termes duquel les gouvernements tenteront de réduire à des valeurs proches de zéro les concentrations de divers radionucléides dans l'environnement marin, et
- les discussions européennes sur la contamination externe des châteaux de transport de combustibles nucléaires irradiés.

À une échelle plus locale, il existe de nombreux exemples de sites qui ont fait l'objet d'une contamination radiologique pour une raison ou une autre. La gestion de ces sites, qui comprend souvent des activités de nettoyage leur permettant de n'être plus soumis à des contrôles réglementaires, a, dans de nombreux contextes nationaux, suscité un grand intérêt des populations locales ainsi que des ONG nationales et internationales.

Ces exemples concrets de problèmes de radioprotection naissants peuvent rapidement faire les premières pages des journaux et susciter un intérêt considérable auprès des hommes politiques et du public. Les radioprotectionnistes considèrent, parfois, qu'il s'agit de « beaucoup de bruit pour rien » en termes de risques absolus. Néanmoins, même si les « experts » estiment ne pas être confrontés à un problème, les politiques et le public peuvent penser tout à fait différemment, comme le montrent clairement leurs réactions.

** M. Ted Lazo est Chef du programme de radioprotection dans la Division de la protection radiologique et de la gestion des déchets radioactifs de l'AEN (mél : lazo@nea.fr)*

Quel est le degré de propreté suffisant ?

Les situations de ce genre ont tendance à soulever des problèmes relativement difficiles à résoudre. Ainsi, de nombreux sites contaminés par des activités industrielles ou des accidents dans le passé sont sur le point d'être nettoyés dans le but de leur libération inconditionnelle. Il existe des sites de ce type dans de nombreux pays. La question fondamentale posée ici est de savoir quel est le degré de propreté suffisant ?

Sous l'angle de la radioprotection « classique », une analyse coût-bénéfice différentielle, ou même une analyse multifactorielle, peut être réalisée pour déterminer la démarche de radioprotection optimale. Cela est possible car la valeur absolue des risques radiologiques peut être calculée de même que les coûts associés aux détriments sanitaires estimés (habituellement exprimés en nombre de cancers) qui résulteraient du risque radiologique. Dans ce cas, l'optimisation permettrait de calculer les coûts des activités de nettoyage nécessaires pour que la contamination résiduelle du sol et des bâtiments du site ne soit pas supérieure à un niveau prédéfini et, du moins, soit inférieure aux limites de dose actuellement imposées par la réglementation. Il est possible, ensuite, de calculer à partir de ce niveau de contamination résiduelle, la dose pouvant être reçue par divers groupes hypothétiques vivant sur le site après la libération de celui-ci et estimer le détriment sanitaire résultant de cette exposition. Le « coût » du nettoyage est alors comparé au « coût » de ce détriment sanitaire. Les calculs sont répétés jusqu'à ce que les deux coûts soient équivalents. On est alors parvenu à la solution de radioprotection « optimale ».

Néanmoins, de même que pour de nombreux autres risques auxquels sont confrontées nos sociétés modernes, les gouvernements sont de moins en moins capables de choisir des niveaux

« acceptables » de risques comme ceux calculés selon la méthode décrite ci-dessus sans avoir pour le moins consulté la population pouvant être affectée. Un risque jugé « acceptable » par le gouvernement et les autorités de sûreté peut être considéré comme tout à fait inacceptable par le public.

Frontière entre le scientifiquement établi et le socialement acceptable

Il en découle de toute évidence qu'il est absolument indispensable de bien discerner les frontières entre les aspects scientifiques de l'évaluation des risques, les aspects sociaux de l'identification et de la gestion des risques et les aspects réglementaires de la gestion des risques. « Quel est le degré de propreté suffisant » n'est pas une question scientifique mais sociale. Il convient aussi de poser d'autres questions dans ce contexte, à savoir :

- Comment les autorités de sûreté et les gouvernements partagent-ils la responsabilité des *jugements sociaux* qu'ils portent sur un *risque acceptable* ?
- Comment les autorités de sûreté, qui sont souvent chargées d'émettre ces jugements au nom du gouvernement, peuvent-elles élaborer une procédure qui leur permette de prendre des décisions suffisamment *ouvertes et transparentes* tout en préservant leur *indépendance* ?
- Comment les autorités de sûreté apprécient-elles et concilient-elles les besoins de groupes d'intérêt souvent concurrents, comme l'industrie, les groupes locaux, les ONG de protection de l'environnement nationales et internationales et même les fonctionnaires/politiciens d'autres ministères ?

Même si ces questions ne sauraient à l'évidence recevoir une réponse simple, la communauté des radioprotectionnistes s'emploie à mieux

Le système de radioprotection a évolué au cours des années. Ces photos datant des années 1970 montrent des travailleurs contrôlant la présence de matières toxiques au cours du démantèlement de structures métalliques et d'un four en briques réfractaires à Harwell au Royaume-Uni.



UKAEA, Royaume-Uni



comprendre les processus décisionnels qui ont été acceptés par la société civile et à définir plus clairement les rôles et les responsabilités des diverses parties prenantes dans ces processus ?

Participation de la société civile

Nombreux sont ceux qui parmi les radioprotectionnistes d'un certain nombre de pays admettent qu'il existe de nouveaux processus intégrés permettant d'améliorer les modalités d'élaboration et de mise en œuvre des politiques. Les expériences innovantes, ouvertes et démocratiques de participation de la société civile à la prise de décision se caractérisent, toutefois, par des démarches qui dans l'ensemble ont été choisies de manière ad hoc pour répondre à une situation donnée. On peut dire des diverses démarches qui ont été présentées à l'atelier organisé par l'AEN sur le thème « Meilleure intégration de la radioprotection dans la société moderne », qu'elles ont pour trait distinctif d'avoir été en majorité couronnées de succès parce que toutes les parties prenantes se sont investies dans les diverses procédures. En outre, les conditions clefs du succès d'une politique et de sa mise en œuvre qui ont été mises en évidence sont entre autres les suivantes :

- élaborer des démarches spécifiques au contexte ;
- inclure des principes directeurs pour l'élaboration de démarches innovantes ;
- associer des représentants de tous les points de vue sur la question ;
- préciser le rôle de toutes les parties prenantes dans le processus décisionnel ;
- assurer chez les parties prenantes une meilleure compréhension du raisonnement scientifique ;
- favoriser la confiance mutuelle et une attitude de compréhension réciproque parmi les parties prenantes ; et
- adopter une attitude résolument ouverte.

Implications pour les pouvoirs publics

L'obligation de faire une distinction entre les aspects du risque calculés scientifiquement et ceux acceptés par le public a des répercussions aux niveaux international et national. Cette distinction implique que de nombreuses situations doivent être résolues au cas par cas, ce qui signifie que les recommandations internationales doivent être suffisamment souples pour laisser aux pouvoirs publics et aux autorités de sûreté la latitude d'élaborer une réglementation nationale adaptée aux situations locales. Parallèlement, les gouvernements ont besoin de critères jouissant d'une approbation internationale afin que les problèmes ayant des incidences internationales puissent être traités de manière cohérente.

Cette cohérence internationale est apportée par le système de radioprotection recommandé par la Commission internationale de protection radiologique (CIPR). Depuis sa création en 1928, la CIPR a publié, à intervalles réguliers, des recommandations « générales » décrivant la protection du public et des travailleurs contre les effets nocifs des rayonnements ionisants. Ses dernières recommandations, à savoir la Publication 60, ont été publiées en 1990, mais la CIPR travaille actuellement à l'élaboration d'une nouvelle série de recommandations qui devraient paraître en 2005.

Les recommandations de la Publication 60 de la CIPR offrent à l'heure actuelle une approche quelque peu classique de la radioprotection. Des limites de dose sont recommandées pour le public et les travailleurs ainsi que divers autres critères numériques. Toutefois, en raison de la volonté de participer de la société, le choix de ces critères devrait





Mesure du niveau de gaz radon dans l'atmosphère sur le site d'une mine d'uranium.

en fait être basé sur un consensus entre les parties prenantes et non pas exclusivement sur des données scientifiques. Mais dans la pratique, cependant, les gouvernements se sont en règle générale déclarés satisfaits des limites de dose recommandées par la CIPR, soulignant que le consensus technique (ou scientifique) international sur ces chiffres est de plus en plus utile en raison de la mondialisation et de la mobilité croissante des travailleurs et du public.

Par ailleurs, d'autres critères numériques, en particulier ceux utilisés pour décider la libération des sites et des matériaux sont un sujet plus controversé dans la société. Comme on le fait observer plus haut, on s'accorde de plus en plus à reconnaître la nécessité de faire preuve de souplesse en traitant les situations locales et en prenant en compte les opinions et les besoins des parties prenantes concernées. Des discussions sont consacrées à l'heure actuelle aux modalités d'élaboration des recommandations internationales qui permettraient de parvenir à la souplesse voulue.

Au niveau national, cette souplesse finira par être intégrée à la législation et à la réglementation sous forme d'orientations sur des niveaux au-delà desquels les activités comme la libération inconditionnelle des sites et des matériaux ne seront pas autorisées mais en-dessous desquelles une optimisation sera indispensable. En outre compte tenu de la nécessité de faire participer les parties prenantes au processus de décision, la procédure d'optimisation sera définie de manière à intégrer obligatoirement un certain niveau de consultations. Ici aussi, des démarches sont actuellement étudiées aux échelles nationale et internationale.

Contribution de l'AEN

Le Comité de protection radiologique et de santé publique (CRPPH) de l'AEN s'emploie actuellement à bâtir un consensus sur la démarche à suivre aussi bien dans le domaine des recommandations internationales de radioprotection que de l'association des parties prenantes. En 2000, il a publié un rapport intitulé *Analyse critique du système de protection radiologique – Réflexions préliminaires du Comité de protection radiologique et de santé publique*. Ce travail met en évidence plusieurs domaines où il est indispensable de réviser et d'améliorer le système actuel de radioprotection et indique les voies qui pourraient être explorées pour ce faire. Une proposition plus détaillée a été élaborée depuis lors, dans laquelle les domaines recensés dans le précédent rapport sont classés par ordre de priorité et des propositions précises d'amélioration sont présentées. Ce deuxième rapport sur la modernisation du système de radioprotection sera publié au début de 2002. En outre, une série d'études de cas seront réalisées pour mettre à l'épreuve ces nouvelles suggestions afin d'établir si les modifications suggérées sont plus bénéfiques que nuisibles et peuvent réellement améliorer le système actuel. Un atelier sera organisé à la fin de 2002 pour examiner ces idées et présenter les résultats des études effectuées. Les conclusions qui traduiront un consensus réglementaire et opérationnel dans les pays membres de l'AEN seront adressées à la CIPR qui pourra en tenir compte pour l'élaboration de ses nouvelles recommandations.

Des progrès ont également été accomplis en ce qui concerne la participation des parties prenantes. Ils sont décrits dans la déclaration collective intitulée *La radioprotection aujourd'hui et demain* qui a été publiée en 1994 par le Comité et les comptes rendus de l'atelier *The Societal Aspects of Decision Making in Complex Radiological Situations* (OCDE, 1998) et de l'atelier *Meilleure intégration de la radioprotection dans la société moderne* (OCDE, 2001). Les informations rassemblées au cours de ces ateliers qui se sont tenus à Villigen en Suisse seront utilisées pour en tirer des enseignements et des implications pour les pouvoirs publics ainsi que d'exemples concrets de bonnes pratiques. En raison de l'importance des différences culturelles pour le processus de participation des parties prenantes, une démarche régionale sera adoptée pour dresser la liste des bonnes pratiques, en se concentrant sur l'Amérique du Nord, l'Europe et l'Asie. Sur cette base, un troisième atelier sera organisé dans le courant de l'année 2003. ■

Le rôle de la recherche dans un contexte de réglementation nucléaire

Dans le contexte actuel de la déréglementation et de la privatisation de l'industrie nucléaire, la préservation d'un niveau approprié de recherche en sûreté nucléaire est une préoccupation majeure pour les autorités de sûreté, les chercheurs et les exploitants de centrales nucléaires ainsi que pour les responsables gouvernementaux et le public. Même si ces différents acteurs peuvent avoir des préoccupations et des intérêts communs, des points de divergence ne sont pas exclus. Au niveau international, il importe de comprendre que des désaccords existent entre les pays, mais aussi au sein des pays, non seulement au niveau des cultures nationales mais aussi de l'idée que se font les autorités de sûreté, les chercheurs et les exploitants du rôle de la recherche.

Une réunion internationale organisée sous les auspices de l'Agence de l'OCDE pour l'énergie nucléaire (AEN) a rassemblé en juin 2001 des directeurs et des cadres des autorités de sûreté des pays Membres de l'AEN, des responsables des organismes de recherche et des dirigeants de l'industrie nucléaire qui ont ainsi pu confronter leurs points de vue sur le rôle de la recherche à finalité réglementaire.

Contexte

La communauté nucléaire internationale s'inquiète depuis quelque temps de la capacité des pays à préserver un niveau suffisant de recherche sur la sûreté nucléaire. Ces dernières années, le financement de la recherche tant par les gouvernements que par l'industrie a diminué dans de nombreux pays. Les pouvoirs publics ont tendance à estimer que la technologie nucléaire étant parvenue à maturité, il revient à l'industrie d'assumer une part croissante du financement des recherches

nécessaires. L'industrie, de son côté, a fréquemment réduit sa participation au financement des recherches sur la sûreté parce que peu de constructions de nouvelles centrales étaient programmées et qu'elle était convaincue que toutes les recherches indispensables pour l'exploitation des installations en service et pour la prévention et la gestion des accidents éventuels avaient été en grande partie effectuées. En outre, la concurrence sur le marché de l'électricité a amené l'industrie à se focaliser sur une rentabilité à court terme parfois aux dépens de la recherche à long terme.

La diminution excessive des recherches sur la sûreté s'est traduite par une dégradation de la base de connaissances dans ce domaine, la disparition résultante d'installations et de compétences de recherche et la perte de l'intérêt des universités pour ces recherches. La sûreté d'exploitation des centrales nucléaires en service risque d'en subir le contrecoup à moyen et long terme, de même que les autorités de sûreté peuvent ne plus être en mesure de s'acquitter de leurs tâches avec compétence et indépendance. À terme, enfin, la capacité de concevoir et de construire de nouvelles centrales pourra être touchée.

En général, la communauté nucléaire reconnaît que les recherches sur la sûreté ont été trop réduites, et des efforts sont actuellement entrepris pour redresser cette situation. Dans plusieurs pays des études ont été et sont réalisées afin d'évaluer le potentiel de recherche requis, et des dispositions sont prises pour s'assurer que les capacités essentielles subsistent.

Au niveau international, le Comité sur la sûreté des installations nucléaires (CSIN) et le Comité sur les activités nucléaires réglementaires (CANR) se sont employés, depuis le début des années 90, à étudier des questions spécifiques et à favoriser la coopération internationale consacrée aux problèmes de la préservation de capacités de recherche suffisantes. En 1992, le groupe d'experts à haut niveau sur les recherches en matière de sûreté

* M. Gianni Frescura est Chef de la Division de la sûreté nucléaire de l'AEN (mél : gianni.frescura@oecd.org) ; M. Barry Kaufer est membre de cette Division (mél : barry.kaufer@oecd.org).

(SESAR) a été créé par le CSIN pour examiner l'état des recherches sur la sûreté nucléaire et en tirer des conclusions sur les priorités et besoins futurs. Ce groupe a publié plusieurs rapports dont un sur les installations et les capacités de recherche et un autre sur des installations et programmes importants menacés. Le CSIN continue à assurer le suivi des infrastructures de recherche dans les pays de l'OCDE et met régulièrement à jour la liste des installations et des programmes menacés. L'AEN a aussi considérablement multiplié le nombre des projets de recherche financés par des partenaires internationaux qu'elle a mis sur pied sur la base des conclusions de l'étude du SESAR et d'un débat approfondi au niveau technique.

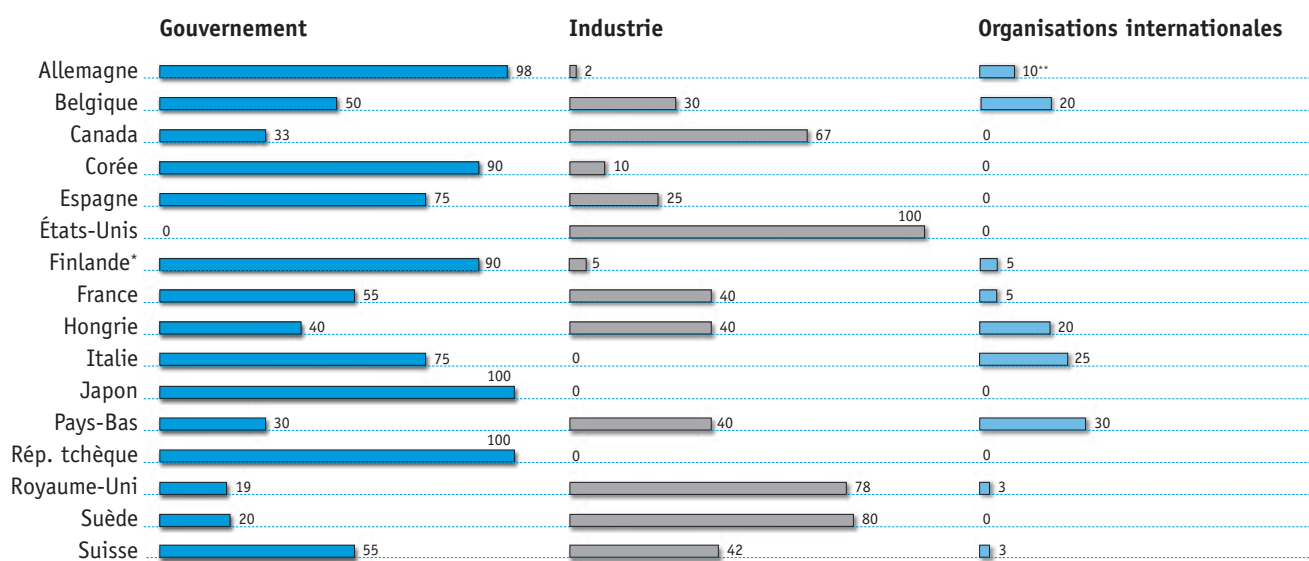
Enquête relative à la recherche sur la sûreté

Le CSIN a publié une enquête ayant pour objet de rassembler les avis des autorités de sûreté sur le rôle de la recherche en sûreté, leurs besoins en la matière, l'adéquation des recherches actuelles, l'évolution du financement et des effectifs des programmes de recherche et les mesures adoptées ou envisagées pour régler certains problèmes connexes. L'analyse des résultats fait clairement apparaître des points de convergence et de divergence sur différents aspects de la recherche à effectuer et les perspectives de ce type de recherche. Dans la plupart des pays, on observe une interaction complexe entre l'état actuel et les perspectives du programme nucléaire, la situation juridique et financière des compagnies d'électricité exploitant les installations, et la mission et les responsabilités des autorités de sûreté. Il s'est donc révélé difficile de dégager des tendances précises des réponses au

questionnaire. Il a, toutefois, été possible de déceler plusieurs caractéristiques importantes des recherches à finalité réglementaire, et notamment on a pu constater que :

- tous les pays participent à des projets de recherche internationaux mais à des degrés divers. Généralement, les pays dont le programme électronucléaire est de petite ou de moyenne envergure consacrent 20 à 30 % de leur budget à des projets internationaux contre seulement 10 % dans les pays qui sont dotés d'un programme important ;
- on ne distingue aucune tendance bien définie dans le financement passé, actuel et futur des recherches : néanmoins, il semblerait que, globalement, ce financement se soit maintenu ou ait légèrement progressé dans les cinq dernières années ;
- les sources de financement dans les pays Membres révèlent que, des pouvoirs publics ou de l'industrie nucléaire, porte essentiellement la responsabilité fondamentale de résoudre les problèmes de sûreté nucléaire. À titre d'exemple, dans des pays comme le Japon, l'Allemagne et l'Espagne, une très forte proportion du financement provient des gouvernements tandis qu'aux États-Unis, en Suède et au Royaume-Uni c'est l'industrie qui finance directement une bonne partie de la recherche ;
- la sûreté nucléaire, le vieillissement des installations et la réglementation en fonction des risques sont souvent des priorités de la recherche nationale ;
- pour ainsi dire tous les pays se préoccupent de la nécessité de préserver les installations de

Répartition du financement des recherches à finalité réglementaire



* KTM + VTT + STUK. ** La participation d'organisations internationales dans les programmes de l'UE a accru d'environ 10 % le financement des projets du BMWi en 2000.

Extrait des réponses au questionnaire

recherche. Un certain nombre d'entre eux ont entrepris un examen stratégique de leurs capacités et de leurs besoins de recherche ;

- de l'avis général, la perte d'un minimum de capacités de recherche se traduit par une déperdition des compétences techniques en matière de sûreté et une diminution de la confiance du public.

Rôle du séminaire sur la recherche

Le séminaire consacré au rôle de la recherche dans un contexte de réglementation nucléaire devait offrir l'occasion à chacune des trois principales parties, à savoir les autorités de sûreté, les chercheurs et l'industrie, d'exprimer leurs points de vue sur les besoins, les convergences et les divergences en matière de recherche sur la sûreté nucléaire et sur les modalités à adopter dans l'avenir.

Les dirigeants des autorités de sûreté se sont penchés, durant ce séminaire, notamment sur les raisons qui justifient le soutien de la recherche, les types de recherche qui doivent être financés et le rôle incombant aux organisations internationales dans la mise en place et le financement de la recherche. De l'avis général, un programme dynamique de recherche est une composante essentielle d'un système de réglementation solide.

La recherche est indispensable aux autorités de sûreté pour se prononcer en toute indépendance, pour mettre en évidence les domaines où des améliorations s'imposent, pour anticiper d'éventuels problèmes et, en général, pour améliorer l'efficacité du système réglementaire et s'assurer que les impératifs réglementaires sont appropriés et pratiques. De l'avis des participants, un des problèmes fondamentaux rencontrés par les autorités de sûreté est de maintenir un juste équilibre entre les recherches de confirmation (comme celles réalisées pour valider des méthodes) et des recherches exploratoires (pour anticiper d'éventuels problèmes et améliorer les connaissances). En cas de contraction des budgets, il est toujours plus facile de justifier la nécessité des recherches de confirmation aux dépens des recherches exploratoires.

La coopération internationale est primordiale pour plusieurs raisons : en premier lieu, afin de mobiliser les crédits nécessaires et pour éviter le recoupement des programmes. Citons par ailleurs les avantages tirés de l'augmentation « de la puissance de feu intellectuelle » résultant de la collaboration des chercheurs ainsi que la possibilité de faire participer des pays aux ressources limitées et, en fin de compte, de contribuer à l'harmonisation des impératifs de sûreté en parvenant à des points de vue techniques communs. La coopération internationale peut aussi inciter et pousser de jeunes scientifiques à travailler dans le domaine nucléaire.

Les participants au séminaire ont aussi réfléchi aux moyens d'intensifier la coopération entre l'industrie et les autorités de sûreté dans le domaine de la recherche tout en préservant l'indépendance des décisions de ces derniers et la liberté de choisir les sujets sur lesquels porteront les recherches. Des représentants de l'industrie ont souligné qu'ils devraient être autorisés à démontrer la sûreté des installations nucléaires avec la méthode de leur choix. Des études, des calculs et des modifications de conception, par exemple, peuvent, dans de nombreux cas, se substituer valablement à de nouvelles recherches. Ils insistent également sur la nécessité de définir des critères réalisables de fermeture pour raisons de sûreté et de mieux harmoniser les recherches de l'industrie et celles des autorités de sûreté, en particulier en ce qui concerne les analyses réalistes et la définition des marges de sûreté.

On trouvera les principales conclusions du séminaire dans la *Déclaration collective sur le rôle de la recherche dans un contexte de réglementation nucléaire* (AEN, 2001). Les actions suivantes sont recommandées, entre autres :

- Chaque pays Membre de l'AEN doit s'assurer qu'il conserve des capacités de recherche adéquates.
- Les pays Membres doivent être conscients du rôle déterminant de la recherche pour l'amélioration des possibilités d'enseignement et doivent intensifier leurs efforts pour permettre à de jeunes experts d'aller à l'étranger pour acquérir de l'expérience et progresser dans le domaine nucléaire. En corollaire, il est indispensable que toutes les parties s'efforcent de préserver les connaissances adéquates et d'augmenter le nombre de spécialistes qui s'engagent dans le domaine nucléaire.
- L'AEN doit continuer de réfléchir à des moyens d'accroître la coopération internationale par le biais de projets de recherche communs.
- Le rôle des parties prenantes doit être reconnu par l'AEN et ses pays Membres. Les informations sur la recherche doivent être diffusées à toutes les parties prenantes, et il convient d'encourager la prise en considération de leurs opinions dans les réflexions stratégiques.
- L'AEN devrait envisager d'organiser à nouveau un séminaire dans deux à trois ans pour dresser le bilan des progrès réalisés et offrir l'occasion de nouvelles discussions.

Certes, les solutions à ces problèmes doivent avant tout être trouvées au niveau national, mais une meilleure collaboration entre l'industrie et les autorités de sûreté et une coordination et une coopération internationales plus efficaces peuvent jouer un rôle décisif. L'AEN poursuivra ses efforts dans ce domaine par l'intermédiaire du CSIN et du CANR. ■

La réversibilité et la récupérabilité dans la gestion des déchets radioactifs

Un nouveau rapport de l'AEN

La protection sanitaire et de l'environnement et la prévention d'actes illicites impliquent que l'on gère les déchets radioactifs de façon responsable, aujourd'hui et demain. La gestion des déchets à vie longue, qu'il faut isoler de l'homme pendant des milliers, voire des centaines de milliers d'années, constitue l'un des défis majeurs.

Il existe un consensus, dans les milieux techniques les plus en pointe, pour reconnaître que le stockage en dépôts géologiques aménagés est une méthode de gestion à long terme des déchets qui satisfait à la fois aux critères de sûreté et d'éthique. Dans les politiques de plusieurs pays, cette solution est également citée comme une méthode satisfaisante ou prometteuse pour gérer convenablement les déchets radioactifs à long terme.

Par stockage géologique aménagé, on entend l'installation des déchets dans des dépôts construits à de grandes profondeurs dans des milieux géologiques adaptés où le confinement et la sûreté des

déchets sont garantis par des barrières passives assurant de multiples fonctions de sûreté si bien que les générations futures sont déchargées de la nécessité d'une quelconque intervention. Le concept du stockage géologique en dépôts aménagés repose sur deux principes premiers : les déchets ne seront installés dans le dépôt que lorsque l'on aura en fin de compte une très grande confiance dans sa sûreté à long terme, et cette sûreté à long terme ne devra pas être tributaire d'interventions après la fermeture du dépôt. Cela n'implique pas cependant que l'on ne puisse pas intervenir. La plupart des programmes d'aménagement de dépôts prévoient la possibilité de prendre des mesures après la fermeture des dépôts pour en garantir la sécurité et les surveiller.

Justification de l'introduction de la réversibilité

De nombreux organismes de gestion des déchets radioactifs ont décidé d'étudier la possibilité d'introduire les concepts de réversibilité et de récupérabilité dans leurs programmes. Cette décision résulte d'une volonté d'assouplir ces programmes et de leur permettre ainsi d'évoluer en fonction des politiques et de nouvelles données techniques. Ils jugent important par ailleurs de tenir compte des préoccupations éthiques qui peuvent amener la

* M. Peter Brown, Directeur, Division de l'uranium et des déchets radioactifs, Ressources naturelles du Canada, est membre du Comité de la gestion des déchets radioactifs de l'AEN (mél : pbrown@nrca.gc.ca) ; M. Claudio Pescatore est membre de la Division de la gestion des déchets radioactifs de l'AEN (mél : pescatore@nea.fr) ; M. Trevor Sumerling, Safety Assessment Management Ltd., est consultant auprès de l'AEN (mél : trevor@sam-ld.demon.co.uk).

société à accroître sa confiance dans la solution du stockage en dépôts géologiques.

La confiance de la société dans cette solution passe par la démonstration que l'on avancera sur cette voie par étapes successives, avec la prudence et la souplesse voulues, et qu'il existera des possibilités de révision en fonction de considérations techniques et de l'intérêt du public. La souplesse du processus de décision n'est pas un objectif en soi, mais fait partie des bonnes pratiques. Elle peut contribuer à rassurer sur la capacité technique de gérer de manière sûre les déchets, mais aussi convaincre le public que l'on ne prend pas une décision irréversible. En définitive, dans le cas où le stockage géologique en dépôt aménagé se révélerait inadapté à un site particulier où en général, il doit être possible de revenir en arrière et la communauté des gestionnaires de déchets doit montrer qu'elle est prête à le faire.

Même si on laisse aux générations futures le choix de l'option de gestion des déchets, c'est à la génération actuelle qu'il revient en premier lieu de résoudre le problème des déchets radioactifs. Cette génération doit décider du juste dosage entre les ressources de maintenance et de surveillance du dépôt et la facilité avec laquelle les déchets pourront être repris. Ces décisions auront des répercussions sur les options et les charges laissées

aux générations futures. Nous ne pouvons pas préjuger des conditions que poseront les générations à venir ni des jugements moraux et pratiques qu'elles porteront. Les décisions à prendre à présent doivent se fonder sur les valeurs, la perception des enjeux éthiques et d'autres préoccupations nationales d'aujourd'hui. Quoi qu'il en soit, les mesures favorisant la souplesse du processus de décision concordent avec le principe éthique du respect des besoins et des aspirations des générations futures, y compris leur liberté de faire leurs propres choix.

Considérations pratiques et avertissements

L'introduction de la réversibilité dans un programme graduel d'aménagement de dépôts, pouvant comporter des mesures destinées à favoriser la récupération des déchets, permet de tirer parti des progrès des connaissances scientifiques et de la technologie, mais aussi de s'adapter aux évolutions des politiques nationales, de la réglementation et des attitudes de la société. La réversibilité des décisions et la récupérabilité des déchets doivent être associées néanmoins à d'autres options puisque la réversibilité suppose un retour en arrière pour s'engager sur une autre voie et que la récupération des déchets ne devrait pas être envisagée

Les concepts de réversibilité et de récupérabilité

Les termes « réversibilité » et « récupérabilité » sont utilisés de manière variable suivant les organisations. Dans les rapports de l'AEN, les définitions suivantes sont utilisées.

La réversibilité dénote la possibilité de revenir sur une ou plusieurs étapes de la planification ou de l'aménagement d'un dépôt géologique, à quelque stade que ce soit. Cette possibilité suppose la révision et, le cas échéant, la réévaluation des décisions antérieures et des moyens nécessaires (techniques et financiers, etc.) pour revenir en arrière. Au tout premier stade d'un programme, on peut envisager de *revenir* sur le choix d'un site ou l'adoption d'une option particulière de conception. À des stades ultérieurs, lors de la construction et de l'exploitation du dépôt, ou après la mise en place des déchets, la réversibilité peut exiger la modification d'un ou de plusieurs composants de l'installation, voire la récupération de colis de déchets stockés dans certaines parties du dépôt.

Le terme « récupérabilité » renvoie à la possibilité de revenir sur la mise en dépôt des déchets proprement dite. Il s'agit, donc, d'un cas particulier de la réversibilité. Par *reprise* on entend l'action de récupérer des déchets ou colis de déchets. La récupérabilité peut recouvrir, par exemple, la reprise de certains colis de déchets qui s'avèreraient défectueux ou endommagés, même si d'autres colis continuent à être mis en dépôt, la reprise de la totalité ou d'une partie des colis de déchets après leur mise en dépôt ou, encore, la reprise des déchets eux-mêmes si les colis sont abîmés. La récupérabilité peut être facilitée par la conception du dépôt et par des stratégies d'exploitation, par exemple en maintenant les voies d'accès souterraines ouvertes, en laissant en place, jusqu'à une étape tardive, le matériel de manutention destiné à l'installation et au retrait des colis et en mettant au point et en utilisant des conteneurs à longue durée de vie et des matériaux de remblayage faciles à retirer.

en l'absence d'une autre solution de gestion des déchets plus acceptable. La récupérabilité n'est pas destinée à améliorer la sûreté passive à long terme d'un dépôt ; elle n'est pas non plus un objectif premier du stockage des déchets mais simplement le choix d'une plus grande souplesse. L'adoption de mesures destinées à faciliter la récupération des déchets ne diminue en rien la nécessité de procéder à des évaluations approfondies de la sûreté et de veiller à la sûreté et à la sécurité en exploitation et à long terme.

Il est possible de reprendre les déchets dans toutes les formations géologiques où l'on envisage aujourd'hui de stocker des déchets radioactifs. Toutefois, certains concepts de dépôts peuvent être plus facilement adaptés pour permettre une récupération pratique et économique. De tels aménagements de la conception ou du plan d'exploitation devraient se traduire par un coût, qu'il faudra confronter à la valeur que confère une plus grande souplesse, en termes de possibilités techniques ou d'acceptation sociale.

La récupérabilité ne peut excuser le report indéfini de décisions d'aménagement des dépôts ; elle n'est pas non plus une alternative à un dépôt bien conçu dont la fermeture repose sur un dossier solide. La fermeture constitue un jalon important de l'aménagement d'un dépôt, du point de vue technique, administratif et social. C'est le moment où une installation souterraine d'où les déchets peuvent toujours être retirés se transforme en dépôt final. La fermeture définitive doit être réalisée lorsqu'on dispose d'un volume d'informations suffisant pour avoir la certitude que l'installation se comportera comme prévu et que le public est prêt à accepter cette étape et ses corollaires, l'arrêt de la surveillance souterraine et une plus grande difficulté à reprendre les déchets. Après cette étape, il est par conséquent très peu probable que l'on ait besoin de récupérer les déchets. L'aménagement du dépôt, y compris sa fermeture, doit faire l'objet de plans précis, même si on laisse aux décideurs futurs une certaine souplesse dans l'application de ces plans.

Récupérabilité des déchets

En grande partie à cause des importantes marges de sûreté passive introduites dans la conception du dépôt géologique aménagé, aucune circonstance qui justifierait la récupération de toute urgence des déchets n'a pu être trouvée. Ainsi, même si la décision était prise un jour de récupérer les déchets, il resterait toujours suffisamment de temps pour mettre en œuvre un programme

methodique de récupération des déchets et pour construire toutes les installations nécessaires à leur entreposage avant d'explorer les autres solutions de stockage.

Si la réversibilité est revendiquée, il faut que certaines conditions pratiques soient remplies pour assurer sa faisabilité. La complexité technique et le coût de l'opération devraient augmenter à mesure que des dispositions sont prises en vue de la fermeture du dépôt. Pendant la phase de mise en place des déchets et avant l'installation massive de remblais, on devrait normalement pouvoir retirer les déchets avec le matériel utilisé pour les installer mais, une fois le remblayage effectué, des techniques spéciales pourraient être nécessaires. Des mesures particulières devront aussi être prises pour entreprendre les opérations de creusement et de récupération aux températures élevées qui persisteront à proximité des conteneurs de combustibles usés et des déchets de haute activité. Il faudrait donc continuer de consacrer des études et recherches aux technologies de récupération des déchets et, en particulier, encourager les démonstrations de ces technologies dans le cadre de divers programmes de recherche nationaux et internationaux. Ce type de démonstrations contribue à rassurer sur la faisabilité technique de la reprise des déchets et à faire naître un sentiment plus général de confiance dans la faisabilité du concept de récupération et le sérieux des agences de gestion des déchets.

Si l'on veut que la reprise des déchets soit réalisable, il faut également prévoir des dispositions institutionnelles afin de s'assurer que la récupérabilité des déchets est suffisante à chaque étape consécutive à l'installation des déchets, que les méthodes de reprise des déchets sont définies, y compris dans des conditions dégradées et des situations accidentelles prévisibles et que l'on évalue périodiquement l'intérêt et la nécessité de passer à l'étape suivante du calendrier de fermeture du dépôt, de rester à l'étape présente ou de revenir à l'étape précédente, et éventuellement récupérer les déchets. Il faudra également surveiller le dépôt pour s'assurer que les conditions permettant une reprise des déchets persistent.

Rôles des gouvernements

Les politiques des gouvernements décrivant les principes de la gestion des déchets radioactifs dans des conditions sûres, écologiques et rentables, doivent indiquer le degré de récupérabilité à envisager en fonction du type de déchets, compte tenu des possibilités de valorisation des ressources

et d'autres facteurs. Les pouvoirs publics doivent également prendre toutes les dispositions organisationnelles, financières et réglementaires nécessaires à la mise en œuvre de cette politique.

La réversibilité et la récupérabilité peuvent avoir des répercussions financières notamment sur le coût des modifications de la conception destinées à faciliter la reprise des déchets et, plus important, les coûts de la surveillance, de la protection et de la maintenance du dépôt pendant des dizaines d'années, voire des siècles, si la période pendant laquelle le dépôt doit rester ouvert se prolonge. L'industrie nucléaire peut provisionner des fonds correspondant à un plan défini d'aménagement d'un dépôt comportant une période de surveillance et de contrôle mais les pouvoirs publics risquent d'avoir à reprendre cette charge si la récupérabilité devient une obligation pour une durée indéfinie. La décision de consacrer de vastes sommes d'argent à la préservation de la récupérabilité doit être prise dans le cadre de l'affectation générale des ressources nationales.

Les gouvernements doivent également s'assurer que des dispositions organisationnelles sont en place pour préserver les compétences techniques indispensables pour récupérer les déchets, y compris pour traiter des problèmes radiologiques. Ces compétences sont actuellement concentrées dans l'industrie nucléaire et au sein des autorités de sûreté et des établissements de recherche associés. Dans de nombreux pays, toutefois, la pérennité de l'industrie nucléaire n'est pas garantie si bien que le maintien de compétences suffisantes pourrait reposer sur une intervention de l'État.

Dans la plupart des pays, il n'existe pas pour l'instant de directives sur les modalités de mise en œuvre des impératifs de récupérabilité des déchets. Les références à la récupérabilité sont assorties d'une réserve stipulant que les mesures destinées à la favoriser ne doivent en aucun cas compromettre la sûreté à long terme. Une politique nationale de gestion des déchets prévoyant leur récupérabilité impose de revoir les impératifs réglementaires pour s'assurer qu'ils intègrent tous les aspects du maintien de la sécurité et de la sûreté, à savoir notamment la radioprotection et la protection des matières nucléaires tant pendant des périodes d'ouverture éventuellement prolongée qu'à long terme.

Conclusions

Dans la plupart des concepts, la reprise des déchets deviendra techniquement de plus en plus difficile à mesure que l'on avancera vers la fermeture, c'est-à-dire le remplissage progressif des

alvéoles de stockage et des voies d'accès et le scellement du dépôt. Même s'il est possible de récupérer les déchets à toutes les étapes de la vie du dépôt, y compris après sa fermeture, cette opération devrait être envisagée essentiellement au cours de la période antérieure à la fermeture du dépôt, et les travaux de R-D devraient être concentrés sur les possibilités de récupérer les déchets pendant ce laps de temps. De même, les dispositions institutionnelles et plans établis pour le retrait des déchets devraient se limiter à la période précédant la fermeture des dépôts. Bien que techniquement possible, le retrait des déchets après cette fermeture exigera d'importants moyens pour remettre en place les installations de surface et souterraines et rétablir l'accès aux déchets. Si la nécessité d'un retour en arrière est soigneusement évaluée avec les parties prenantes concernées à chaque étape de l'aménagement du dépôt, la confiance dans le dépôt sera telle au moment où sa fermeture sera décidée qu'aucune considération technique ou sociale ne saurait justifier alors la reprise des déchets.

Le processus de décision par étapes prévu pour le stockage en formation géologique aménagée inclut de plus en plus souvent la réversibilité des décisions. Dans le cadre de leurs programmes nationaux, plusieurs pays étudient les répercussions sur les stratégies de stockage de la possibilité de reprendre les déchets et l'intérêt (ou non) de prévoir des mesures spécifiques pour favoriser cette récupération. Il se peut que la signification et l'intérêt de la réversibilité et de la récupérabilité finissent par faire l'objet d'un consensus et il faut espérer que les travaux de l'AEN dans ce domaine n'y seront pas étrangers. Pourtant, il convient de reconnaître que des questions de ce type comportant à la fois des dimensions techniques, politiques et éthiques appellent des solutions qui doivent avant tout être adaptées aux caractéristiques techniques du système de stockage spécifique choisi par chaque pays et être de surcroît acceptables dans le cadre de sa politique nationale. ■

Note

1. Cet article se fonde sur des extraits du rapport de l'AEN publié fin 2001 sous le titre *La réversibilité et la récupérabilité dans la gestion des déchets radioactifs : une réflexion à l'échelle internationale*. Ce rapport a été préparé par le Secrétariat de l'AEN sur la base des contributions nationales et des discussions intervenues au sein du Groupe ad hoc sur la réversibilité et la récupérabilité et du Comité de la gestion des déchets radioactifs de l'AEN.

La base de données thermodynamiques sur les espèces chimiques (TDB)

En 1923, Lewis et Randall remarquaient, dans leur fameux manuel de thermodynamique que, « dans toute nouvelle science, ce sont les travaux des pionniers, à la frontière de l'inconnu, qui fascinent, mais que pour y parvenir, il faut emprunter des voies déjà fréquentées. De toutes ces voies, la plus sûre et la plus fiable est celle, bien large, de la thermodynamique ». Près de 80 ans après, cette déclaration reflète encore le statut de cette branche de la physique et de la chimie en tant que l'un des piliers de la science et de la technologie contemporaines. Le développement spectaculaire de la physique microscopique au 20^{ème} siècle n'en a pas terni la validité. Au contraire, il est venu confirmer les principes bien connus de la conservation de l'énergie et de l'augmentation de l'entropie que les premiers thermodynamiciens avaient déduits de l'observation de leur univers proche.

La thermochimie est la branche de la thermodynamique qui s'intéresse aux réactions chimiques qu'autorisent les principes de thermodynamique dans des conditions données. La réponse n'est pas seulement d'ordre qualitatif : la thermodynamique, et donc la thermochimie, sont d'excellents outils d'évaluation quantitative pour prévoir les réactions chimiques qui produiront des composés chimiquement plus stables que d'autres. Par une application ingénieuse de l'ancien concept des cycles thermiques aux systèmes chimiques, la thermochimie permet la caractérisation quantitative de composés et espèces chimiques que l'on ne peut mesurer directement en utilisant les données sur d'autres espèces qui se prêtent davantage à la mesure expérimentale directe. Toutefois, il faut respecter une

condition : toutes les grandeurs intervenant dans les calculs doivent se rapporter à un seul état de référence commun, bien défini.

La puissance remarquable de la thermodynamique est la contrepartie de son absence totale d'intérêt pour la dimension temporelle des phénomènes étudiés. La vitesse de déroulement des processus régis par la thermodynamique ne peut pas être prévue par les seules données thermodynamiques. On a besoin pour cela de la cinétique chimique et de la théorie du transport.

Comment peut-on utiliser la thermo-chimie pour évaluer la sûreté de la gestion des déchets?

Dans les dépôts souterrains de déchets radioactifs de haute activité à vie longue, les différentes barrières ouvragées sont conçues de façon à empêcher le passage de la radioactivité à travers les formations géologiques environnantes. Dans le cadre des évaluations des performances de ces conceptions, on se doit d'envisager un rejet accidentel des matières confinées et d'évaluer le devenir des composés chimiques ainsi rejetés soit, plus précisément, les possibilités de migration des radionucléides dans la biosphère. La thermochimie peut servir à identifier les espèces chimiques qui seront présentes dans chaque environnement géologique particulier et les réactions susceptibles de se produire entre ces espèces. Les phénomènes de transport de masse étant plus rapides dans les fluides que dans les solides, les réactions chimiques particulières qui

* M. Federico Mompean est membre de la Banque de données de l'AEN (mél : federico.mompean@oecd.org).

régissent la formation d'espèces en solution aqueuse sont l'objet de toutes les attentions. La thermochimie intervient en premier pour identifier les acteurs (espèces chimiques) qui interviendront ensuite dans les calculs de transport de masse.

Les bases de données thermochimiques à l'AEN

Les données thermochimiques sont issues des recherches en chimie menées dans de nombreux laboratoires du monde entier. Les chercheurs doivent souvent déployer des prodiges d'ingéniosité pour rendre compte dans la littérature scientifique des expériences menées dans des conditions fiables. En effet, la dispersion des valeurs thermochimiques données par différentes sources publiées est l'une des difficultés principales que l'on rencontre lors des évaluations des performances.

Les examens publiés dans la Phase I du Projet de l'AEN de la base de données thermodynamiques sur les espèces chimiques (TDB), c'est-à-dire de 1984 à 2000, ont marqué une étape majeure vers la résolution de ce problème. Au cours de cette période, quatre équipes de spécialistes de la thermodynamique chimique de notoriété internationale ont revu toute la littérature scientifique sur le sujet et procédé à une compilation critique des données thermochimiques sur des espèces inorganiques et réactions chimiques des éléments suivants : uranium, américium, technétium, neptunium et plutonium. À de nombreuses reprises, ces équipes ont réévalué les données existantes, en suivant des procédures bien documentées, de façon à les rapporter à un état de référence et ont ainsi produit des jeux de valeurs recommandées. Des experts indépendants ont réexaminé les conclusions de ces équipes avant leur publication. Les données ont été réunies dans une base cohérente de réputation internationale qui peut être utilisée pour réaliser des calculs thermochimiques pour des évaluations nationales des performances sur une base scientifique commune. Outre les données relatives sur des éléments d'intérêt environnemental (en raison de leur toxicité, de leur mobilité ou de leurs propriétés radioactives), cette base contient des données plus générales ayant fait l'objet d'une évaluation critique, telles que des espèces et réactions annexes.

La Phase II du Projet de la base de données thermodynamiques sur les espèces chimiques (TDB) a été lancée en 1998 sous la forme d'un projet semi-autonome. Elle est dirigée par un conseil de gestion composé de représentants de toutes les organisations membres qui participent à cette phase du projet. Les principaux objectifs ont été définis après

consultation des participants. Il s'agit de mettre à jour la base de données compilée au cours de la Phase I à la lumière des publications récentes sur le sujet et d'y intégrer les données concernant les espèces chimiques inorganiques d'autres éléments (le nickel, le sélénium et le zirconium) qui n'ont pas été étudiés au cours de la première phase. Par ailleurs, on s'intéresse aux espèces formées par une sélection de ligands organiques (EDTA, citrate, oxalate et acide isosaccharinique) avec tous les éléments étudiés dans la Phase I ou dans la Phase II. Les procédures de paramétrisation et de révision utilisées au cours de la Phase I seront employées pour la Phase II. Les premiers examens réalisés au cours de la Phase II devraient être prêts pour l'expertise en 2002 et publiés à la fin de cette même année.

Dans la Phase II du Projet TDB un effort substantiel est fait pour rapprocher les scientifiques et ingénieurs travaillant sur les données thermochimiques, tant dans les laboratoires de recherche en chimie qu'au sein des agences qui modélisent le comportement des dépôts de déchets. Ce dialogue s'impose si l'on veut, d'une part, orienter les recherches sur les domaines où les données doivent être améliorées et, d'autre part, faire en sorte que les données choisies pour les évaluations des performances intègrent les progrès les plus récents des connaissances en chimie. Dans cette optique, le Projet TDB a organisé un atelier consacré à l'utilisation des bases de données thermodynamiques dans les évaluations des performances. Cet atelier, qui s'est tenu à Barcelone (Espagne) les 29 et 30 mai 2001, a réuni 50 spécialistes appartenant à ces deux communautés.

Il convient de remarquer pour conclure que les données thermochimiques ne varient pas avec les disciplines ou les applications. De cette manière, en établissant des données cohérentes et validées, le Projet TDB de l'AEN sert la communauté technique et scientifique en général. ■

Pour de plus amples informations sur le Projet TDB, consulter le site web de l'AEN à www.nea/html/dbtdb.

Bibliographie

- I. Grenthe *et al.* (1992), *Chemical Thermodynamics of Uranium*, Elsevier, Amsterdam. ISBN: 0 444 90381 4.
- R. J. Silva *et al.* (1995), *Chemical Thermodynamics of Americium*, Elsevier, Amsterdam. ISBN: 0 444 82281 X.
- J. A. Rard *et al.* (1999), *Chemical Thermodynamics of Technetium*, Elsevier, Amsterdam. ISBN: 0 444 50378 1.
- R. J. Lemire *et al.* (2001), *Chemical Thermodynamics of Neptunium and Plutonium*, Elsevier, Amsterdam. ISBN: 0 444 50379 X.

JANIS : un nouveau logiciel de services en données nucléaires

Les données nucléaires de base sont essentielles pour toutes les applications mettant en œuvre des matières radioactives et des combustibles nucléaires. Ces données couvrent à la fois les propriétés des noyaux radioactifs et les lois élémentaires régissant les interactions nucléaires. Il faut prendre en compte deux aspects importants lorsque l'on assure la prestation de services en données nucléaires :

- le volume des données est considérable (plusieurs centaines de méga-octets pour une bibliothèque complète) ;
- la grande variété d'applications et d'utilisateurs finaux de ces données.

Le premier de ces aspects exige de recourir à des moyens efficaces pour stocker et accéder aux données, ainsi que de définir des formats standardisés permettant leur échange entre utilisateurs et leur traitement à l'aide de programmes de calcul spécialisés. Le format du Fichier de constantes nucléaires évaluées (ENDF), par exemple, permet de représenter d'une façon exhaustive les constantes nucléaires. Cependant, ces formats deviennent trop complexes pour un utilisateur non spécialisé. En outre la compatibilité multiplateforme exige que les formats soient fondés sur une représentation textuelle des données. Il devient difficile pour des utilisateurs non-spécialistes de vérifier et de manipuler des données contenues dans de grands fichiers. Les utilisateurs, qu'ils soient ou non des spécialistes, auraient ainsi intérêt à disposer d'un accès aisé et efficace aux constantes nucléaires qui ne nécessiterait pas la connaissance préalable du format de stockage.

M. Ali Nouri (mél : ali.nouri@oecd.org) et M. Pierre Nagel (mél : nagel@nea.fr) sont membres de la Banque de données de l'AEN.

La Banque de données de l'Agence de l'OCDE pour l'énergie nucléaire fait partie d'un réseau international de centres de données chargés d'assurer la compilation et la diffusion des constantes nucléaires de base. L'AEN et les autres centres assurent un lien essentiel entre producteurs et utilisateurs de constantes nucléaires.

L'AEN avec l'aide de ses partenaires a accumulé de l'expérience dans l'élaboration de moyens conviviaux permettant d'accéder et de manipuler les données. Ces travaux de mise au point ont été menés selon deux axes.

Le logiciel de visualisation des constantes nucléaires installé sur les ordinateurs de bureau constitue le premier axe de développement. Il offre de la souplesse du point de vue de l'interface utilisateur. Cependant, l'utilisateur n'a pas accès à la dernière version des données. JEF-PC est un exemple de tel logiciel. Des versions 1.0 et 2.0 ont été diffusées en 1994 et 1998, et ont été acquises par plus de 500 utilisateurs. Parmi les fonctions de JEF-PC figure l'affichage des sections efficaces évaluées et expérimentales, des données de décroissance radioactive et des rendements de fission.

Le second axe concerne l'accès par Internet. L'AEN utilise des bases de données relationnelles depuis 1993 pour fournir un dépôt de données centralisé et a recours à la technologie du Web pour permettre l'extraction interactive des données. Le site web de l'AEN (www.nea.fr) offre des interfaces avec les principales bases de données nucléaires : EVA pour les données évaluées, CINDA pour les informations bibliographiques et EXFOR pour les données expérimentales. Cette dernière comporte aussi des fonctionnalités d'affichage de graphiques en ligne. Grâce à l'accès à des données centralisées, les utilisateurs sur le Web bénéficient

de données à jour. Les inconvénients sont que l'interface graphique est moins perfectionnée et l'utilisateur peut se trouver limité par la quantité de données qu'il peut transférer.

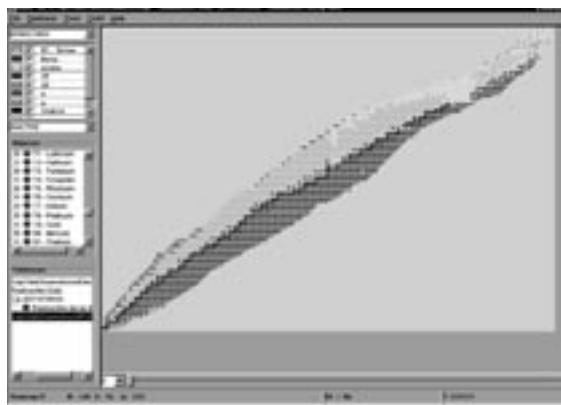
Un important retour d'information a été reçu des utilisateurs de ces deux types de services. Des suggestions visant de nouveaux perfectionnements du programme JEF-PC afin d'ajouter de nouvelles fonctions (telles que des possibilités de traçage de courbes des distributions angulaires et d'énergie) se sont heurtées au problème de l'architecture du logiciel. La solution envisagée réside dans une combinaison entre logiciel exécuté en local et un accès aux services fondé sur le Web. Dans cette perspective la technologie Java offre la meilleure plateforme de développement et un projet a été lancé par l'AEN en vue de concevoir un nouveau logiciel dénommé JANIS (Java Nuclear Information System).

Caractéristiques de JANIS

JANIS peut accéder à des données décrites selon les formats suivants : ENDF-6 (y compris le format PENDF pour les données ponctuelles linéarisées et GENDF pour les données multigroupes) ainsi que les formats dérivés d'EXFOR prêts à être exploités par les codes de calculs. Les données provenant des principaux fichiers de données évaluées ENDF/B, JEF(F), JENDL, BROND, etc. peuvent ainsi être visualisés et comparés.

Divers outils de navigation sont disponibles afin d'aider l'utilisateur à localiser le noyau désiré. La Figure 1 présente la « Carte des noyaux » et l'« Explorateur de nucléides ». Les propriétés du nucléide sélectionné sont alors affichées à l'aide de formats texte, graphique ou tableau. Des fonctions de recherche ont aussi été incluses, permettant à l'utilisateur d'interroger les bases de données et de repérer des nucléides ayant des caractéristiques spécifiques.

Figure 1 : Outils de navigation



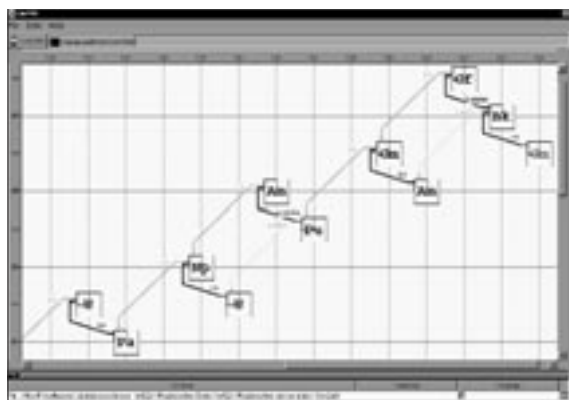
Données de désintégration radioactive

JANIS offre un sommaire des propriétés importantes des nucléides radioactifs. Il s'agit de la masse du nucléide, de son énergie d'excitation, du spin et de la parité, de la période, des énergies moyennes de désintégration et des modes de désintégration. Pour chaque mode de désintégration, la chaleur de réaction Q, le rapport d'embranchement et le nucléide produit sont indiqués.

Le schéma de désintégration suivi par un nucléide particulier jusqu'à la stabilité (aussi appelé chaîne de désintégration) peut être affiché (voir Figure 2). Cette chaîne est construite à partir des informations disponibles dans la bibliothèque (période, modes de désintégration, rapports d'embranchement).

Des spectres discrets et continus de particules émises (rayonnements gamma et X, particules alpha, bêta+ et bêta-) sont représentés dans JANIS à l'aide de formats tableau et graphique. Parmi les informations affichées figurent : l'énergie de la particule émise et l'incertitude correspondante, l'intensité relative et absolue des raies et les erreurs associées.

Figure 2. Schéma de désintégration radioactive

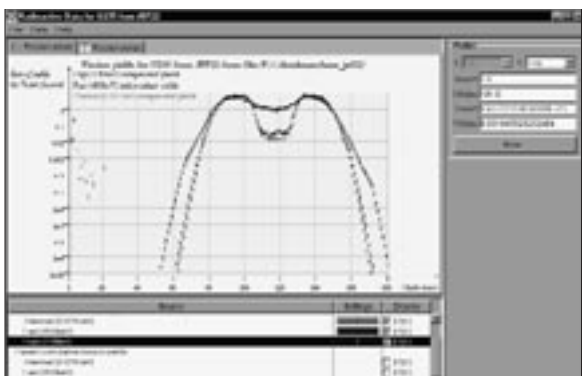


Données sur les rendements de fission

Les rendements de fission donnent la proportion de nucléides produits par fission. Les données se présentent sous forme de rendements indépendants (rendement directement produit par la fission avant l'émission des neutrons retardés, la désintégration bêta, etc.) et de rendements cumulés (qui prennent en compte tous les modes de désintégration après fission). JANIS affiche ces rendements à l'aide de formats tableau et graphique. Les rendements de fission dépendent de l'énergie du neutron provoquant la fission. Des rendements indépendants et cumulés sont ainsi donnés pour des spectres de neutrons représentatifs (fission induite par des neutrons thermiques, par des neutrons rapides et par des neutrons de haute énergie).

Les rendements de fission spontanée sont de même fournis. On trouvera à la Figure 3 un exemple de graphique de rendement de fission indépendant.

Figure 3. Données sur les rendements de fission



Données sur les interactions

Les données affichées dans cette catégorie comprennent les sections efficaces (formes ponctuelles et multigroupes, comme le montre la Figure 4) et les incertitudes associées, les paramètres de résonance, les distributions d'énergie, les distributions angulaires et les distributions corrélées en angle et en énergie. JANIS a spécialement été conçu pour offrir de la souplesse pour la comparaison de différents ensembles de données. Divers outils permettant la manipulation des données sont à disposition, notamment des opérations simples à l'aide des sections efficaces (combinaison linéaire, produit et rapport) et la pondération par le flux. La Figure 5 présente un affichage graphique de $\eta = (v \sigma_f / \sigma_a)$ obtenu à partir de composants individuels contenus dans le fichier ENDF. Des données expérimentales peuvent être affichées en utilisant des fonctions avancées de recherche associant des descripteurs de réactions, le domaine d'énergie du projectile, le laboratoire et la date des expériences.

Figure 4. Comparaison des sections efficaces ponctuelles et multigroupes

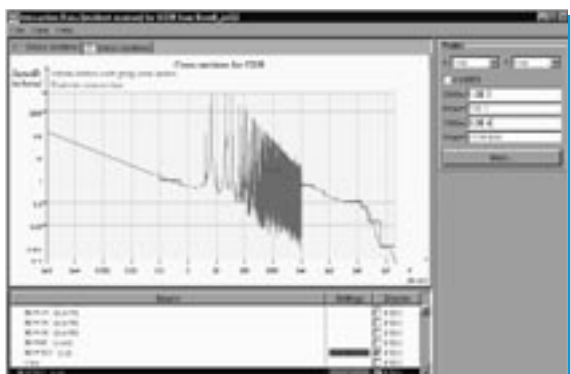
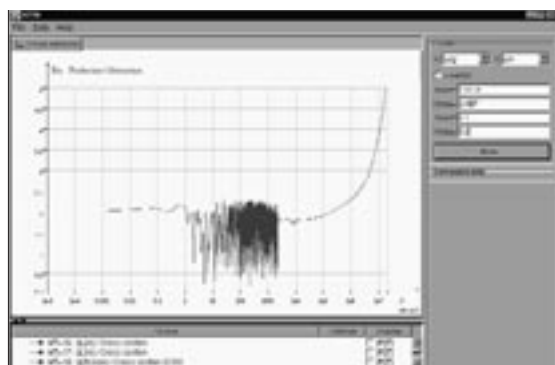


Figure 5. Exemple de manipulation de la section efficace $\eta = (v \sigma_f / \sigma_a)$



Travaux futurs de mise au point

La version actuelle de JANIS permet d'accéder à des données à partir de disques locaux ou réseau et par l'intermédiaire d'Internet. Des travaux de développement sont en cours afin de relier complètement JANIS avec les bases de données relationnelles disponibles sur le serveur web de l'AEN en ayant recours à la technologie de l'informatique répartie. L'utilisation de la même technologie peut être étendue de manière à offrir un ensemble de services dans une architecture client/serveur intégrée. Par exemple, le côté serveur peut être utilisé pour l'extraction et le traitement de données à la température et avec la précision souhaitées à l'aide de la version la plus récente d'outils bien établis. L'utilisateur peut alors choisir l'information à transférer sur son ordinateur local. Diverses options sont à l'étude en vue d'optimiser la quantité et le format des données à transférer par l'intermédiaire d'Internet. Le côté client pourra être utilisé pour l'affichage et la manipulation des ensembles de données.

Conclusions

JANIS est conçu en vue d'offrir à des utilisateurs tant spécialisés que non spécialisés un moyen commode et efficace d'accéder aux constantes nucléaires. Le logiciel est gratuit et peut être directement téléchargé à partir du site web de l'AEN (<http://www.nea.fr/janis>). Le retour d'information est affiché sur le Web et des mises à jour peuvent être téléchargées automatiquement par le biais d'une fonction de mise à jour en direct.

Le logiciel peut être utilisé sur presque tous les systèmes d'exploitation et permettra aux utilisateurs d'avoir accès aux dernières versions des données et des outils connexes par l'intermédiaire de son architecture intégrée client/serveur. Avant sa diffusion officielle, JANIS a été testé par plus d'une centaine d'utilisateurs dans plus de vingt pays différents qui ont apporté un précieux retour d'information. ■

Nouvelles brèves

Évaluation des expériences intégrales de sûreté-criticité

Le projet international d'expériences de sûreté-criticité ICSBEP est destiné à évaluer et à compiler des expériences critiques et sous-critiques de référence sous un format standard facilitant l'utilisation des données par l'analyste spécialisé dans ce domaine pour valider les outils de calcul et les bibliothèques de sections efficaces. Dans le cadre de cette mission, le Groupe a entrepris, en 1995, de publier un Manuel d'expériences internationales de sûreté-criticité.

Au mois de septembre une nouvelle édition de ce manuel est parue. Elle contient 397 évaluations et décrit 2 642 configurations expérimentales. Les bilans neutroniques y sont détaillés pour une bonne partie des configurations afin de faciliter la caractérisation neutronique de chaque expérience.

Ce Manuel est diffusé sous format électronique (fichier pdf). Les expériences y sont regroupées en évaluations selon les critères suivants :

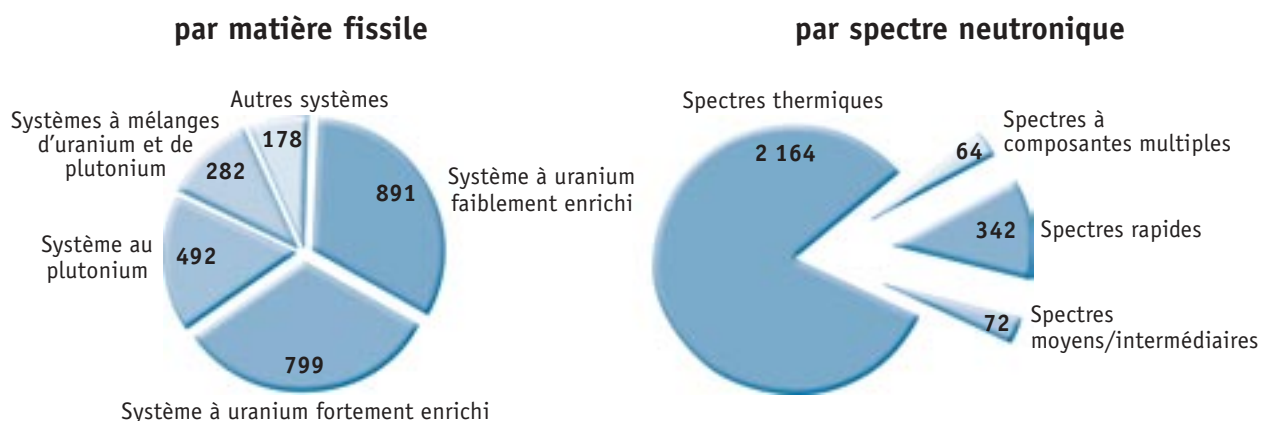
- milieu fissile : (plutonium, uranium fortement enrichi, uranium moyennement enrichi ou à enrichissements multiples, uranium faiblement enrichi, uranium-233, mélange de plutonium et d'uranium et isotopes fissiles particuliers) ;

- forme physique de la matière fissile (métal, composé, solution et autres formes) ;
- gamme d'énergie neutronique dans laquelle a lieu la majorité des fissions (spectres rapides, intermédiaires, thermiques et spectres à composantes multiples).

DICE, une base de données relationnelle équipée d'une interface utilisateur développée en JAVA, a été conçue pour améliorer l'efficacité d'utilisation du Manuel. Une sélection d'informations a été introduite dans la base pour chaque configuration. Ces informations donnent une description synthétique des expériences qui recouvre la géométrie, la composition du combustible, les conditions de modération et de réflexion et les caractéristiques du spectre. L'interface utilisateur permet d'interroger la base et de produire des descriptions synthétiques de chaque configuration expérimentale et renvoie au fichier pdf d'origine. DICE est disponible avec l'édition 2001 du Manuel. ■

Pour de plus amples informations sur le projet ICSBEP ou pour commander un exemplaire du Manuel, s'adresser à ali.nouri@oecd.org ou bbb@inel.gov.

Distribution des expériences



Les recherches sur l'autocicatrisation dans les milieux argileux pour le stockage souterrain

Afin de prévenir la contamination radioactive et l'exposition éventuelle du public, il est nécessaire d'isoler les déchets radioactifs à vie longue et/ou de haute activité de l'environnement humain pendant une très longue durée. À cette fin, l'idée de placer des colis de déchets dans une formation géologique profonde comme de l'argile a été développée. L'une des fonctions principales de la formation géologique est d'isoler les déchets de l'eau souterraine, en réduisant au minimum la lixiviation des déchets et la migration des radionucléides, et de ce fait la quantité de radionucléides qui pourraient atteindre l'environnement de l'homme.

Grâce à l'amélioration de la compréhension des phénomènes susceptibles d'influer sur les propriétés de confinement de la barrière géologique, les incertitudes entachant les performances du dépôt de déchets pourraient être réduites. En particulier, au cours de la mise au point progressive du programme de recherche relatif au dépôt, il importe de déterminer si les fractures qui pourraient être générées par l'excavation des installations souterraines, sont susceptibles d'avoir une incidence notable sur la sûreté radiologique du dépôt dans la formation réceptrice étudiée, telle que l'argile. Dans ce cas les propriétés d'autocicatrisation des milieux argileux – souvent mentionnées comme constituant l'un des avantages de ce type de formation – jouent un rôle important en matière de sûreté, notamment en réduisant les incidences à long terme d'une fracturation ainsi induite.

Lors des réunions du « Club Argile » de l'AEN en 1999 et 2000, les participants se sont montrés intéressés par l'établissement d'une synthèse des connaissances actuelles et des approches conceptuelles des phénomènes qui aboutissent à l'autocicatrisation des fractures naturelles et induites dans des conditions propres aux dépôts. L'applicabilité des connaissances déjà acquises dans le secteur du pétrole et du gaz, aux conditions intéressant les dépôts a aussi été évoquée.

C'est dans ce contexte qu'une réunion thématique sur « L'autocicatrisation dans les milieux argileux : éléments de preuve et approches » a été organisée à Nancy, France, le 16 mai 2001 et accueillie par l'Agence nationale pour la gestion des déchets radioactifs (ANDRA). Vingt-six personnes représentant plusieurs organismes nationaux de gestion des déchets, des autorités de sûreté, des agences gouvernementales et les milieux universitaires des pays Membres de l'AEN ont pris part. La session avait

pour objectif principal de permettre d'échanger des informations sur :

- le point de vue général des experts de la géomécanique et de la géochimie sur l'autocicatrisation ;
- les démarches qui sont ou seront adoptées par les divers organismes pour aborder le phénomène de l'autocicatrisation.

Les contextes géologiques abordés dans les exposés représentaient tout l'éventail des milieux argileux envisagés pour le stockage des déchets radioactifs, notamment les argiles non consolidés, les mudstones et les schistes argileux indurés.

Les exposés ont montré l'importance d'une démarche pluridisciplinaire à l'égard de ce sujet et souligné l'intérêt d'établir un rapport sur l'état des connaissances relatives à l'autocicatrisation, de manière à disposer d'un cadre scientifique rationnel et spécifique au domaine du stockage en vue d'études ultérieures sur ce sujet. Ils ont aussi démontré la nécessité de considérer la problématique de l'autocicatrisation dans tous les types de milieux argileux envisagés, de même que le besoin de concilier les approches géomécanique et géochimique de l'autocicatrisation.

En 2002, un rapport de synthèse pluridisciplinaire sera établi avec pour titre les « possibilités d'autocicatrisation des fractures dans les argiles plastiques et les roches argileuses dans les conditions propres aux dépôts ». Il s'agit d'un nouveau domaine de sciences appliquées dans lequel il n'existe que très peu de publications qui traitent ce sujet et où aucune n'aborde les aspects fondamentaux du comportement des matériaux. En outre l'applicabilité des connaissances et des notions utilisées par l'industrie pétrolière et gazière aux conditions propres aux dépôts (température, pression, échelle de temps) n'est pas simple. Le rapport aura pour objectif de rassembler des informations de sources très variées et d'en faire la synthèse de manière à offrir une base scientifique rationnelle aux futures activités d'évaluation de la sûreté et de connaissance des sites. Il s'agira manifestement d'aller bien au-delà d'une étude bibliographique de base. Le rapport examinera également la vaste catégorie des milieux récepteurs présentant de l'intérêt pour l'évacuation des déchets radioactifs, notamment les argiles plastiques, les mudstones, les schistes ardoisiers argileux et les schistes argileux. Un système approprié de classification des roches sera utilisé comme base de comparaison entre les types de roches. ■

Pour un complément d'informations sur ce sujet, veuillez contacter : sylvie.voinis@oecd.org.

Nouvelles publications

Le catalogue des publications de l'AEN est disponible gratuitement sur demande à neapub@nea.fr. La version électronique peut être consultée sur www.nea.fr.

Aspects économiques et techniques du cycle du combustible nucléaire



Gestion de l'uranium appauvri

Rapport établi conjointement par l'AEN et l'AIEA

ISBN 92-64-29525-9 – 72 pages – Prix : € 20, US\$ 19, £ 12, ¥ 1 900.

D'importantes quantités d'uranium appauvri ont été produites suite aux activités d'enrichissement effectuées surtout aux États-Unis et en Fédération de Russie. Les pays qui en ont en stock ont donc intérêt à évaluer les stratégies possibles pour l'utiliser et le gérer. La stratégie retenue dépendra de plusieurs facteurs, notamment la politique des pouvoirs publics et des milieux des affaires, les utilisations possibles, la valeur économique de la matière, les aspects liés à la réglementation et les options en matière de stockage, ainsi que les développements sur le marché international du cycle du combustible nucléaire. Ce rapport expose les résultats d'une étude que l'Agence de l'OCDE pour l'énergie nucléaire et l'Agence internationale de l'énergie atomique ont entreprise sur l'uranium appauvri. Il fournit des renseignements sur les inventaires actuels et les stocks futurs d'uranium appauvri, les solutions de gestion à long terme, les options d'utilisations pacifiques, de même que les programmes nationaux. En outre, le rapport explore différentes perspectives de collaboration internationale et souligne les questions-clés que les gouvernements et les décideurs politiques ne sauraient manquer d'aborder.



Données de l'OCDE sur l'énergie nucléaire – 2001

Bilingue – ISBN 92-64-08707-9 – 50 pages – Prix : € 20, US\$ 19, £ 12, ¥ 1 900.

Les *Données sur l'énergie nucléaire* rassemblent chaque année toutes les statistiques de base compilées par l'Agence de l'OCDE pour l'énergie nucléaire sur la production d'électricité et d'énergie nucléaire dans les pays de l'OCDE. Le lecteur trouvera dans cette publication une source de référence d'accès facile et pratique sur la situation actuelle et les tendances de la puissance totale installée d'électricité, de la puissance nucléaire installée et de la production d'électricité. Des informations chiffrées sur l'offre et la demande de services liés au cycle du combustible nucléaire sont également présentées.

Sûreté nucléaire



Déclaration collective sur le rôle de la recherche dans un contexte de réglementation nucléaire

16 pages – Gratuit : versions papier ou web.



La prise de décision en radioprotection : domaines d'action des pouvoirs publics

Résumé du 2ème atelier de Villigen (Suisse), janvier 2001

ISBN 92-64-28474-5 – 32 pages – Gratuit : versions papier ou web.

Le risque et sa gestion considérés du point de vue de la société deviennent de plus en plus un élément des processus de décision publique. Cette tendance s'observe tout particulièrement dans les domaines ayant trait à la protection de la santé humaine et de l'environnement. Le Comité de protection radiologique et de santé publique (CRPPH) de l'AEN a organisé un atelier afin d'examiner les processus de participation des parties prenantes ainsi que ses limites en matière de radioprotection. Un des domaines dans lesquels la participation des parties prenantes est particulièrement importante concerne l'assainissement des sites contaminés par des accidents ou par des activités industrielles ou de recherche passées. Sur la base des discussions tenues lors de cet atelier et des travaux antérieurs du CRPPH dans ce domaine, ce rapport de synthèse traite des questions d'élaboration et de mise en œuvre de l'action gouvernementale qui sont déterminantes pour dégager des solutions largement admises dans des situations de radioprotection où les parties prenantes constituent un élément important du processus de décision. S'appliquant à une grande variété de contextes nationaux, une meilleure compréhension de ces aspects de la politique aidera les gouvernements et les organismes de réglementation à mieux intégrer les préoccupations des parties prenantes dans la prise de décision.



Deuxième exercice international d'urgence INEX 2

Rapport final sur l'exercice régional canadien

Bilingue – ISBN 92-64-09532-2 – 80 pages – Prix : € 23, US\$ 21, £ 14, ¥ 2 300.

L'Agence pour l'énergie nucléaire (AEN) a débuté son programme d'exercices internationaux de préparation d'urgence (INEX) par une simulation théorique : INEX 1, qui a permis à 16 pays participants d'évaluer l'efficacité des mécanismes mis en place pour traiter des aspects internationaux d'une urgence nucléaire à grande échelle. À partir des enseignements recueillis, une série d'exercices plus réalistes – INEX 2 – a été organisée par l'AEN. Ces exercices, qui ont pris comme point de départ une situation d'urgence de dimension nationale dans une centrale nucléaire existante, visaient trois objectifs internationaux : l'échange d'informations en temps réel, l'information du public et la prise de décision d'après des informations limitées et une connaissance incertaine des conditions de la centrale. Ce rapport résume les résultats obtenus et les enseignements tirés du quatrième et dernier exercice régional d'INEX 2 qui a eu lieu au Canada.



Occupational Exposures at Nuclear Power Plants

En anglais seulement

Tenth Annual Report of the ISOE Programme, 2000

ISBN 92-64-18473-2 – 104 pages – Gratuit : versions papier ou web.

The ISOE Programme was created by the OECD Nuclear Energy Agency in 1992 to promote and co-ordinate international co-operative undertakings in the area of worker protection at nuclear power plants. The programme provides experts in occupational radiation protection with a forum for communication and exchange of experience. The ISOE databases enable the analysis of occupational exposure data from the 452 commercial nuclear power plants participating in the programme (representing some 90 per cent of the world's total operating commercial reactors). The Tenth Annual Report of the ISOE Programme summarises achievements made during 2000 and compares annual occupational exposure data. Principal developments in ISOE participating countries are also described.



La réversibilité et la récupérabilité dans la gestion des déchets radioactifs

Une réflexion à l'échelle internationale

ISBN 92-64-28471-0 – 54 pages – Gratuit : versions papier ou web.

La réversibilité des décisions est un concept important dans le processus de décision par étapes qui est prévu pour le stockage géologique des déchets radioactifs. Les implications liées à la récupérabilité de ces déchets dans les stratégies de stockage et les méthodes pour la mettre en application sont également à l'étude dans les pays Membres de l'AEN. Ce rapport passe en revue les concepts de réversibilité et de récupérabilité dans la mesure où ils peuvent s'appliquer à la planification et au développement de dépôts géologiques. Ces concepts reposent sur des considérations d'ordre technique, politique et éthique, dont la valeur et les implications doivent être mieux comprises. L'approfondissement de l'étude de ces problèmes, ainsi que la discussion, permettront de préciser la valeur d'un processus de décision souple et graduel, pour ce qui concerne les programmes d'aménagement de dépôts, et peuvent contribuer à instaurer un climat propice au progrès de ces programmes.



La gestion des déchets radioactifs : le rôle des laboratoires souterrains

ISBN 92-64-28472-9 – 50 pages – Gratuit : versions papier ou web.

Les laboratoires de recherche souterrains sont des outils essentiels à l'acquisition de données scientifiques et techniques et d'expérience pratique nécessaires à la conception et à la construction de dépôts de déchets nucléaires, ainsi qu'à la préparation du dossier de sûreté qui doit être présenté à toutes les étapes du développement d'un dépôt. Ce rapport présente une vue d'ensemble du rôle des laboratoires souterrains dans les programmes de développement d'un dépôt ; des différents laboratoires souterrains développés ou prévus jusqu'à présent dans les pays Membres de l'AEN ; de leur contribution à l'ensemble du programme de développement du dépôt et à l'établissement d'un dossier de sûreté ; des réflexions sur la planification d'un laboratoire souterrain dans le cadre d'un programme national ; et des possibilités et avantages d'une coopération internationale sur les laboratoires souterrains.



Scenario Development Methods and Practice

En anglais seulement

An Evaluation Based on the NEA Workshop on Scenario Development
Madrid, Spain, May 1999

ISBN 92-64-18722-7 – 244 pages – Prix : € 65, US\$ 58, £ 40, ¥ 6 550.

Analysis of the long-term safety of radioactive waste repositories, using performance assessment and other tools, is required prior to implementation. The initial stage in developing a repository safety assessment is the identification of all factors that may be relevant to the long-term safety of the repository and their combination to form scenarios. This must be done in a systematic and transparent way in order to assure the regulatory authorities that nothing important has been forgotten. This report is a review of developments in scenario methodologies based on a large body of practical experience in safety assessments. It will be of interest to radioactive waste management experts as well as to other specialists involved in the development of scenario methodologies.



Bulletin de droit nucléaire

N°67 + Supplément (volume 2001/1)

Abonnement 2001 (2 numéros + suppléments) – ISSN 0304-3428 – Prix : € 71, US\$ 80, £ 48, ¥ 9 550.

Vente au numéro sur demande – ISBN 92-64-29109-1 – 86 pages – Prix : € 43, US\$ 50, £ 29, ¥ 5 750.

Considéré comme l'ouvrage de référence en la matière, le *Bulletin de droit nucléaire* est une publication internationale unique en son genre où les juristes et universitaires trouvent une information à jour sur les grandes tendances de ce domaine. Publié deux fois par an en anglais et en français, il suit les progrès des législations d'une soixantaine de pays du monde entier et rend compte des évolutions de la jurisprudence, des décisions administratives, des accords bilatéraux et internationaux, et des activités réglementaires des organisations internationales.

Sciences nucléaires et Banque de données



Boiling Water Reactor Turbine Trip (TT) Benchmark

En anglais seulement

Volume I: Final Specifications

ISBN 92-64-18470-8 – 96 pages – Gratuit : versions papier ou web.

In the field of coupled neutronics/thermal-hydraulics computation there is a need to enhance scientific knowledge in order to develop advanced modelling techniques for new nuclear technologies and concepts, as well as for current nuclear applications. Recently developed "best-estimate" computer code systems for modelling 3-D coupled neutronics/thermal-hydraulics transients in nuclear cores and for the coupling of core phenomena and system dynamics (PWR, BWR, VVER) need to be compared against each other and validated against results from experiments. International benchmark studies have been set up for the purpose. The present volume describes the specification of such a benchmark. The transient addressed is a turbine trip (TT) in a BWR involving pressurisation events in which the coupling between core phenomena and system dynamics plays an important role. In addition, the data made available from experiments carried out at the plant make the present benchmark very valuable. The data used are from events at the Peach Bottom 2 reactor (a GE-designed BWR/4).



Forsmark 1 & 2 Boiling Water Reactor Stability Benchmark

En anglais seulement

Time Series Analysis Methods for Oscillations During BWR Operation: Final Report

ISBN 92-64-18469-4 – 152 pages – Gratuit : versions papier ou web.

Events involving unnoticed power oscillations have occurred at different boiling water reactors (BWRs) in the past, and have led to the implementation of interim corrective actions to avoid their repetition. Despite these measures, power oscillations continue to occur. In response to this situation, a great deal of research and analytical activities have been undertaken to improve the knowledge of the underlying phenomenology, and to define final solutions to handle this type of event. An OECD/NEA expert group has carried out studies in which the predictive capability of the codes and models for stability analysis are compared. This report provides the results of a specific study investigating the possibility of determining the main stability parameters from the neutronic signals time series with sufficient reliability and accuracy. It is based on a series of six complex cases derived from measurements carried out at the Forsmark nuclear power plant in Sweden.



International Evaluation Co-operation

En anglais seulement

Volume 10 – Evaluation Method of Inelastic Scattering Cross-sections for Weakly Absorbing Fission-product Nuclides

100 pages – Gratuit : versions papier ou web.



Utilisation and Reliability of High Power Proton Accelerators

En anglais seulement

Workshop Proceedings, Aix-en-Provence, France, 22-24 November 1999

ISBN 92-64-18749-9 – 476 pages – Prix : € 130, US\$ 116, £ 80, ¥ 13 100.

High power proton accelerators are being studied for their potential use in the transmutation of nuclear waste. The Second Workshop on Utilisation and Reliability of High Power Proton Accelerators, organised by the NEA Nuclear Science Committee, placed special emphasis on accelerator-driven system (ADS) concepts comprising a sub-critical reactor coupled with a high power accelerator. The information provided in these proceedings will primarily be of interest to scientists working on accelerator-driven systems, but also to those involved in the construction of high power accelerators.



International Handbook of Evaluated Criticality Safety Benchmark Experiments

En anglais seulement

A Project by the NEA Nuclear Science Committee

CD-ROM – Gratuit sur demande.



International Nuclear Data Evaluation Co-operation

En anglais seulement

Complete Collection of Published Reports as of October 2001

CD-ROM – Gratuit sur demande.



JANIS

En anglais seulement

A New Java-based Nuclear Data Display Program

CD-ROM – Gratuit sur demande.



JEFF Reports

En anglais seulement

Complete Collection of JEFF Reports, Numbers 1-18

CD-ROM – Gratuit sur demande.



NEA Nuclear Model and Code Comparisons

En anglais seulement

Complete Collection of the Reports 1982-1998

CD-ROM – Gratuit sur demande.

Où acheter les publications de l'AEN

Pour les clients en Amérique du Nord

Centre OCDE de Washington

2001 L Street NW Suite 650, Washington DC 20036-4922, USA
Tél. : +1 (202) 785 6323 – Fax : +1 (202) 785 0350
Numéro vert : +1 (800) 456 6323
Mél : washington.contact@oecd.org – Internet : www.oecdwash.org

Pour les clients en Asie

Centre OCDE de Tokyo

3rd Floor, Nippon Press Center Building, 2-2-1 Uchisaiwaicho, Chiyoda-ku, Tokyo 100-0011, Japon
Tél. : +81 (3) 5532 0021 – Fax : +81 (3) 5532 0036
Mél : center@oecdtokyo.org – Internet : www.oecdtokyo.org

Pour les clients en Amérique latine

Centre OCDE de Mexico

Av. Presidente Mazaryk 526, Colonia: Polanco
C.P. 11560, Mexico D.F.
Tél. : +52 (5) 281 3810 – Fax : +52 (5) 280 0480
Mél : mexico.contact@oecd.org – Internet : rtn.net.mx/ocde/

Pour les clients dans le reste du monde

Centre OCDE de Paris

2, rue André-Pascal, F-75775 Paris Cedex 16, France
Tél. : +33 [0(1)] 45 24 81 67 – Fax : +33 [0(1)] 45 24 19 50
Mél : sales@oecd.org

Commandes en ligne : www.oecd.org/bookshop

Paiement sécurisé par carte bancaire.

Où commander nos publications gratuites

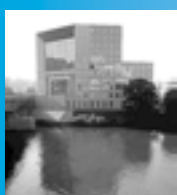
Publications AEN

12, boulevard des Îles, F-92130 Issy-les-Moulineaux, France
Tél. : +33 [0(1)] 45 24 10 15 – Fax : +33 [0(1)] 45 24 11 10
Mél : neapub@nea.fr – Internet : www.nea.fr

Par téléchargement : www.nea.fr

Offre d'emplois

Agence de l'OCDE pour l'énergie nucléaire



L'Agence de l'OCDE pour l'énergie nucléaire cherche régulièrement des candidats pour des postes dans les domaines suivants :

Économie de l'énergie
Sûreté nucléaire
Gestion des déchets radioactifs
Radioprotection
Sciences nucléaires
Droit nucléaire
Ingénierie nucléaire
Informatique



Qualifications :

Diplôme universitaire pertinent ; expérience professionnelle de deux ou trois ans minimum ; excellente connaissance d'une des deux langues officielles de l'Organisation (anglais et français) et aptitude à bien rédiger dans cette langue ; bonne connaissance de l'autre langue.

Les postes sont ouverts aux candidats ressortissants des pays Membres de l'OCDE. Dans le cadre de sa politique d'égalité des chances, l'OCDE encourage les femmes à faire acte de candidature.

Engagement initial :

Deux ou trois ans.

Traitement annuel de base :

De € 50 650 (administrateur) et de € 72 650 (administrateur principal), à quoi s'ajoutent des allocations selon la situation de famille et le lieu de recrutement.

Adresser les candidatures en anglais ou en français
(indiquer le domaine de spécialisation et joindre un *curriculum vitae*)
avec la mention « NEA/NL » et l'envoyer à :

Division de la gestion des ressources humaines
OCDE
2, rue André-Pascal
F-75775 Paris cedex 16, France

Radwaste Solutions

THE MAGAZINE OF RADIOACTIVE WASTE MANAGEMENT AND FACILITY REMEDIATION

– Don't miss an issue!

Don't miss an issue of *Radwaste Solutions*, formerly *Radwaste Magazine*, which focuses on practical solutions to everyday problems and issues in radioactive waste management.

Published by the American Nuclear Society, the magazine covers all sectors – government, utility, private – that deal with radioactive waste. Also, it covers all elements of this work, including processing, packaging, storing, decommissioning, reutilization, transporting, and final disposal.

With each issue of *Radwaste Solutions* you get progress reports on cleanup/remediation/decommissioning projects; news and views from industry leaders and professionals; coverage of industry conferences you can't find elsewhere; and technical information that can help your project.

Look at some of the articles that the magazine's recent issues have presented to our readers:



- Low- and intermediate-level waste management in Spain
- Everything you ever wanted to know about the Hanford waste tanks
- The end of an era: Decommissioning four German fuel cycle facilities
- Bringing new technologies to the D&D toolbox
- Radwaste management at U.S. nuclear power plants: Where we are today (and how we got there)

On top of great content, we make it easy to subscribe. Take your choice: Give us a phone call (708/579-8208); send us a fax (708/579-8314); or zip us an e-mail (accounting@ans.org). We'll get the process moving so that you start receiving your own copy of *Radwaste Solutions*.

Please enter a 2002 subscription to *Radwaste Solutions* for:

Name _____

Company _____

Street Address _____

City _____ State/Province _____

Postal Code _____ Country _____

Tel. _____ Fax _____ E-mail _____

Check one:

- Yes! I want to subscribe to *Radwaste Solutions* at \$35.00 per year. (I am a member of the American Nuclear Society.) ANS Membership ID no. _____
- Enter my library subscription at \$395.

Add \$25 for each overseas subscription
Add \$30 for funds drawn on non-U.S. banks
(All orders must be prepaid in U.S. dollars.)

Payment method:

- Check (payable to ANS)
- Money order
- MasterCard
- Visa
- AMEX
- Diners Club

Acct. no. _____ Exp. date _____

Signature _____

Send to:

Radwaste Solutions
American Nuclear Society
P.O. Box 97781
Chicago, IL 60678-7781
USA
(Make check payable to American Nuclear Society)

Credit card orders:

Facsimile 708/579-8314
ANS members call 708/579-8266
Nonmembers call 708/579-8208

www.nea.fr

PUBLICATIONS DE L'OCDE, 2 rue André-Pascal, 75775 PARIS CEDEX 16
IMPRIMÉ EN FRANCE
(68 2001 02 2 P) ISBN 92-64-29108-3 – No. 52294 2001
ISSN 1605-959X