



AEN Infos

Volume 27, n° 1

2009

Table des matières

Faits et opinions

- L'énergie nucléaire et l'opinion publique 4
- Science et valeurs en radioprotection 8

Actualités

- Le retour d'expérience du démantèlement
et les nouvelles centrales nucléaires 14
- Gestion du vieillissement 17
- Le Forum sur la confiance des parties
prenantes 22

Nouvelles brèves

- Le Forum des régulateurs du RWMC 24
- Calculs des coûts de production de l'électricité :
Quel rôle pour le nucléaire ? 25
- Projets communs de l'AEN 26
- Nécrologie : M. Howard K. Shapar,
M. Kunihiro Uematsu 32

- Nouvelles publications 33

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
Tél. : +33 (0)1 45 24 10 12
Fax : +33 (0)1 45 24 11 12

L'Agence de l'OCDE pour l'énergie nucléaire (AEN) est une organisation intergouvernementale qui a été fondée en 1958. Son principal objectif est d'aider ses pays membres à maintenir et à approfondir, par l'intermédiaire de la coopération internationale, les bases scientifiques, technologiques et juridiques indispensables à une utilisation sûre, respectueuse de l'environnement et économique de l'énergie nucléaire à des fins pacifiques. Elle est une source d'informations, de données et d'analyses non partisane et constitue l'un des meilleurs réseaux d'experts techniques internationaux. Elle comprend actuellement 28 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, la République slovaque, la République tchèque, le Royaume-Uni, la Suède, la Suisse et la Turquie.

Pour plus d'informations sur l'AEN, voir :
www.nea.fr

Co-rédactrices :
Janice Dunn Lee
Cynthia Gannon-Picot

Production et marketing :
Cynthia Gannon-Picot
Solange Quarneau

Mise en page/graphiques :
Andrée Pham Van

Crédits photos de la page de couverture : Cérémonie de dédicace au Centre de visiteurs de PACS (PACS, Hongrie), un ancien générateur à vapeur à Bohunice 1 (M. Durisova, République slovaque), recherche en radioprotection (ANSTO, Australie), démantèlement à Windscale (UKAEA, Royaume-Uni). Crédit photo de Bohunice 3 en page 2 (D. Veselsky, NRA, République slovaque). Crédit de la photo de Luis Echavarrí en page 3 (M. Lemelle, France).



Le nucléaire : 50 ans d'expérience



L'énergie nucléaire a aujourd'hui accumulé à travers le monde une expérience d'environ 13 000 années-réacteurs. Cette expérience vient renforcer sa capacité à assurer des niveaux très élevés de sûreté nucléaire et de protection radiologique des travailleurs, du public et de l'environnement. Cette expérience peut également lui valoir une confiance accrue du public à condition que ce dernier soit bien informé sur les divers aspects de cette source d'énergie, ce dont on parle plus en détail à la page 4.

Cette expérience toujours plus riche est la résultante, bien sûr, d'un nombre croissant de centrales nucléaires et d'années d'exploitation. Elle signifie aussi qu'il convient de s'intéresser de plus près à la gestion du vieillissement. L'AEN a entrepris plusieurs études sur ce thème évoquées aux pages 17-21. Ces études peuvent également fournir un retour d'expérience précieux pour la conception de nouvelles centrales nucléaires, dont bon nombre de pays membres ont d'ailleurs commencé à se servir. Les études sur la gestion du vieillissement, avec les analyses qui les accompagnent, sont utiles aussi lorsqu'il s'agit de prolonger la durée de vie d'une centrale nucléaire, habituellement de 10 ou 20 ans suivant le contexte réglementaire national, car les critères de sûreté requis doivent être définis puis remplis.

Néanmoins, l'heure du démantèlement a sonné pour plusieurs centrales nucléaires. L'article page 14 parle des enseignements qui peuvent être retirés du démantèlement et utilisés pour la conception de nouveaux réacteurs. Ce retour d'expérience peut en effet nous éclairer sur les améliorations à adopter au stade de la conception qui pourraient ultérieurement apporter des avantages en termes économiques, de radioprotection et de gestion des déchets.

Globalement, la perspective d'une reprise du nucléaire se confirme. Nombreux sont les pays qui manifestent un intérêt nouveau ou accru pour l'énergie nucléaire en raison de sa contribution à la sécurité d'approvisionnement énergétique et son absence presque totale d'émissions de CO₂ sur l'ensemble de son cycle de vie. Financer les investissements nécessaires pour construire des centrales nucléaires risque toutefois de constituer un défi dans la conjoncture économique actuelle. Les gouvernements pourront, par des prêts garantis et d'autres mesures bien ciblées, soutenir des investissements rentables dans le secteur nucléaire sans compromettre la concurrence sur les marchés.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Luis E. Echávarri', written in a cursive style.

Luis E. Echávarri
Directeur général de l'AEN

L'énergie nucléaire et l'opinion publique

par P. Kovacs et S. Gordelier*

Le changement climatique, la sécurité énergétique et la disponibilité à long terme des combustibles fossiles sont autant de questions qui amènent de nombreux États à reconsidérer leurs politiques énergétiques. Leur première réaction consiste souvent à se tourner vers les sources d'énergies renouvelables, mais, avec le temps, ils se rendent de plus en plus compte que ces sources ne pourront résoudre que partiellement le problème, en particulier dans les pays où l'industrie lourde et les grandes villes consomment de grandes quantités d'électricité. Les mérites de l'énergie nucléaire qui n'émet pour ainsi dire pas de dioxyde de carbone et dont le combustible, l'uranium, est présent en abondance sur la planète, finissent par s'imposer à eux. En outre, les plus gros producteurs d'uranium, à savoir le Canada et l'Australie, sont réputés pour leur stabilité de long terme et leur bonne gouvernance. La difficulté provient, bien sûr, de l'inquiétude suscitée par la sécurité et la sûreté de l'électronucléaire qui rend souvent cette énergie impopulaire. De ce fait, que les gouvernements proposent d'introduire l'énergie nucléaire, de simplement remplacer des centrales vieillissantes ou encore de développer la capacité de production, ils doivent faire face au problème de l'acceptation du public.

Cette question apparemment inextricable a donné lieu à des études innombrables sur l'attitude du public à l'égard de l'énergie nucléaire. L'AEN vient récemment d'achever un examen d'ensemble de cette information, en quelque sorte « un sondage des sondages ». Les enquêtes réalisées par la Commission européenne (série de sondages

Eurobaromètre) et par l'Agence internationale de l'énergie nucléaire (AIEA) de 2005 à 2007 sont des sources d'informations particulièrement utiles. Ensemble, elles forment un corpus de données qui permet d'expliquer les différences entre pays et les raisons profondes qui incitent les populations à être favorables ou opposées à l'électricité d'origine nucléaire.

Plus on connaît, mieux on accepte

Les résultats de l'Eurobaromètre et des sondages d'opinion réalisés par l'AIEA révèlent que l'attitude à l'égard de l'énergie nucléaire varie énormément d'un pays à l'autre. Dans les pays de l'Union européenne (au nombre de 25 au moment du sondage), à la question « Êtes-vous favorable ou opposé à l'utilisation de l'énergie nucléaire dans votre pays ? », le pourcentage des personnes sondées qui se sont déclarées clairement favorables à l'énergie nucléaire varie entre 5 % (en Autriche) et 41 % (en Suède), la moyenne globale étant de 20 %. Dans l'étude de l'AIEA, des sondages ont été effectués dans 18 pays. Le pourcentage des répondants qui se sont prononcés en faveur d'une expansion de l'énergie nucléaire dans chaque pays varie de 13 % (au Maroc) à 52 % (en Corée du Sud), le pourcentage moyen étant de 28 %. Il ressort d'une analyse plus approfondie de ces résultats que, dans les deux séries de sondages d'opinion, l'adhésion à l'énergie nucléaire est beaucoup forte dans les pays qui possèdent déjà des centrales. La Figure 1 montre, en effet, qu'il est deux fois plus probable que les populations des pays de l'Union européenne qui ont des centrales nucléaires soutiennent cette option que les populations des pays qui n'ont pas recours au nucléaire pour produire leur électricité. On observe un effet similaire dans les 18 pays sondés dans l'enquête de l'AIEA ainsi que dans les réponses données dans l'ensemble des enquêtes de l'Eurobaromètre à des questions comme « est-il

* M. Pal Kovacs (pal.kovacs@oecd.org) travaille à la Division du développement nucléaire de l'AEN. M. Stan Gordelier (stan.gordelier@oecd.org) est Chef de la Division du développement nucléaire de l'AEN.

possible de faire fonctionner une centrale nucléaire de manière sûre ? » et « pensez-vous que le stockage ultime des déchets radioactifs peut se faire de manière sûre ? ».

On peut supposer que les habitants des pays recourant à l'énergie nucléaire sont plus favorables à cette forme d'énergie parce qu'elle leur est plus familière, qu'ils sont mieux informés à son sujet et plus conscients de ses avantages. L'hypothèse selon laquelle une communication plus importante et plus efficace conduit à une adhésion plus large est confirmée par les résultats du sondage Eurobaromètre qui a demandé aux Européens dans quelle mesure ils pensaient être informés sur la sûreté des centrales nucléaires et ensuite a comparé l'impact de ce sentiment sur leur point de vue. Comme on peut le constater dans la Figure 2, ceux qui s'estiment informés sur la sûreté nucléaire ont tendance à percevoir les risques comme étant moins élevés que ceux qui ne se sentent pas informés. On peut observer un lien similaire entre une moindre perception des risques et l'expérience personnelle de l'énergie nucléaire, même si cette expérience se borne au fait de vivre à moins de 50 kilomètres d'une centrale nucléaire ou de connaître quelqu'un qui travaille dans l'industrie nucléaire. Là encore, les citoyens des pays ne possédant pas de centrales nucléaires se sentent moins informés et, de ce fait, sont plus susceptibles d'affirmer que les risques l'emportent sur les avantages.

Les sondages dans lesquels on demande l'opinion des personnes interrogées avant et après leur avoir expliqué quelques éléments fondamentaux permettent de mieux apprécier les effets des connaissances et de l'information sur l'acceptation par le public de l'électronucléaire. Ainsi, lorsque l'on explique que l'énergie nucléaire peut contribuer à protéger le climat du réchauffement planétaire, le nombre des personnes sondées favorables au développement de l'électronucléaire augmente de 10 %, et plus d'un tiers des répondants qui estimaient, au départ, qu'il ne fallait plus construire de centrales nucléaires changent ensuite d'avis. Un autre sondage similaire

Figure 1 : Pourcentage des répondants clairement favorables à l'utilisation de l'électronucléaire dans les 25 pays de l'Union européenne (à l'époque), après répartition entre pays avec et sans centrales nucléaires

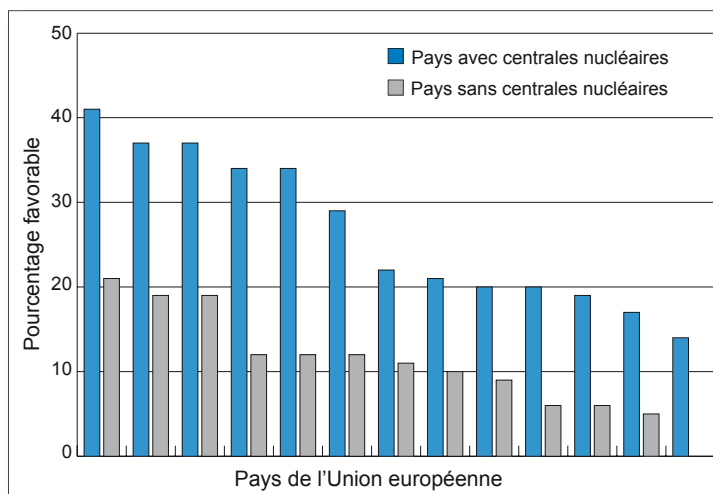
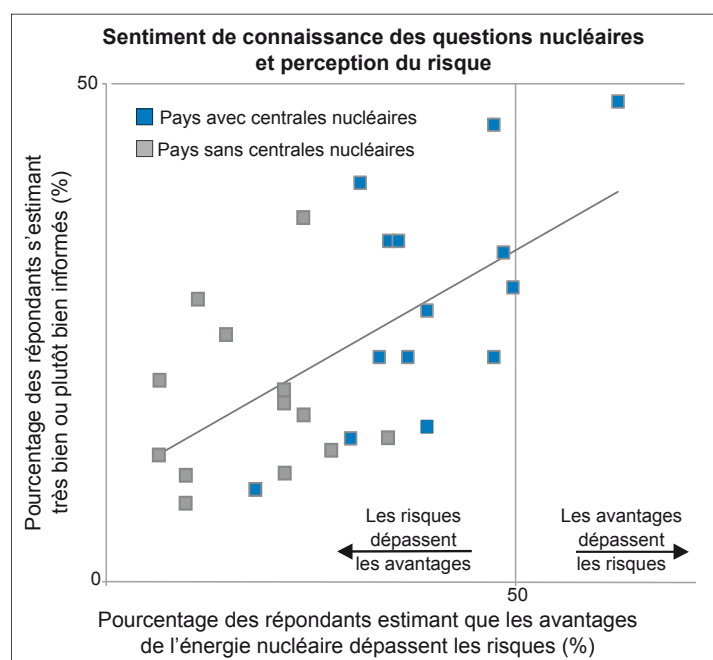


Figure 2 : Corrélation entre le niveau perçu de connaissance sur l'électricité nucléaire et la perception du risque. Chaque point correspond aux données moyennes pour un pays européen différent.



révèle que les connaissances sur les améliorations de la sécurité énergétique ont aussi pour effet d'accroître la proportion de personnes prêtes à accepter l'énergie nucléaire. Néanmoins, ceux qui sont clairement favorables à l'électronucléaire restent minoritaires et si l'on compare les résultats de l'Eurobaromètre et ceux des sondages de l'AIEA, qui touchent un nombre plus grand de pays, on constate que les Européens sont plus sceptiques que les non-Européens.

Si l'on subdivise les Européens sondés en trois catégories – favorables au nucléaire, opposés au nucléaire et position intermédiaire – le groupe intermédiaire est le plus vaste dans les pays ayant recours à l'électronucléaire alors que dans les pays n'y ayant pas recours, ce sont les anti-nucléaires qui l'emportent. Il en ressort qu'il faut adopter des stratégies de communication différentes selon les conditions propres à chacun des pays. En outre, l'adhésion à l'électronucléaire est plus forte chez les hommes, les personnes qui ont un niveau d'études élevé, les personnes qui se situent au centre droit de l'échiquier politique et les membres les plus âgés de la société.

La clé du problème

Lorsque l'on cherche les raisons qui motivent l'attitude du public à l'égard de l'énergie nucléaire, il faut en tout premier lieu reconnaître que la plupart des gens se sentent bien plus concernés, au quotidien, par des questions liées au chômage, à la criminalité et aux services de santé qu'ils ne le sont par les questions énergétiques, sans parler de l'énergie nucléaire. Ainsi, même à la question « lorsque vous pensez aux problèmes énergétiques quelle est la première chose qui vous vient à l'esprit ? », ils répondent majoritairement (33 %) : le prix. Il semblerait, donc, que la plupart des gens n'aient pas réfléchi de façon approfondie à la politique énergétique, ce qui permet de dire que les répondants ne sont pas, le plus souvent, vraiment bien informés. C'est peut-être pour cette raison que beaucoup d'entre eux sont prêts à changer d'avis lorsqu'on leur apporte des preuves du contraire. De même, nombreux sont ceux qui semblent placer des espoirs irréalistes dans les sources d'énergies renouvelables. À la question du sondage Eurobaromètre sur les futures sources d'énergies « quelles seront selon vous les trois premières sources d'énergies dans trente ans ? », le choix des répondants se porte le plus fréquemment sur l'énergie solaire (49 %), qui arrive même en tête dans un certain nombre de pays d'Europe du Nord ; en répondant ainsi ils surestiment, de toute évidence, ses capacités.

Lorsque l'on demande aux personnes sondées de désigner les plus gros risques associés à l'énergie

nucléaire parmi une liste qui leur est présentée, le terrorisme est le risque le plus fréquemment cité (74 %). Il est intéressant de noter que, dans ce cas, il y a peu de différence entre les réponses des pays ayant recours à l'énergie nucléaire et ceux qui ne l'ont pas. Les deux risques qui viennent ensuite sont le stockage des déchets radioactifs (39 %) et l'utilisation malveillante des matières nucléaires (38 %). Sur ces points, l'inquiétude est moins vive dans les pays qui possèdent déjà des centrales nucléaires. Plus d'un tiers des opposants au nucléaire déclarent qu'ils seraient prêts à changer d'avis si le problème du stockage des déchets radioactifs était résolu.

Il ressort de la plupart de ces réponses qu'il existe une corrélation claire entre le niveau des connaissances et l'acceptation de l'énergie nucléaire. Parallèlement, les trois quarts des Européens s'estiment soit tout à fait mal informés, soit pas très bien informés. Sur la base de ces informations, on ne peut que conclure que des campagnes d'information du public, plus nombreuses et mieux adaptées, sont nécessaires dans les pays où les responsables politiques désirent que l'électronucléaire fasse partie du mix énergétique. Mais là se présente une autre difficulté : les médias, à savoir la télévision, la radio et les journaux, sont les principales sources d'information de la plupart des gens ; or, il se trouve que ces médias sont également les sources auxquelles ils font le moins confiance. Les pouvoirs publics suscitent une plus grande méfiance encore. Selon

Figure 3 : Confiance dans la législation, les autorités de sûreté nucléaire et les exploitants européens

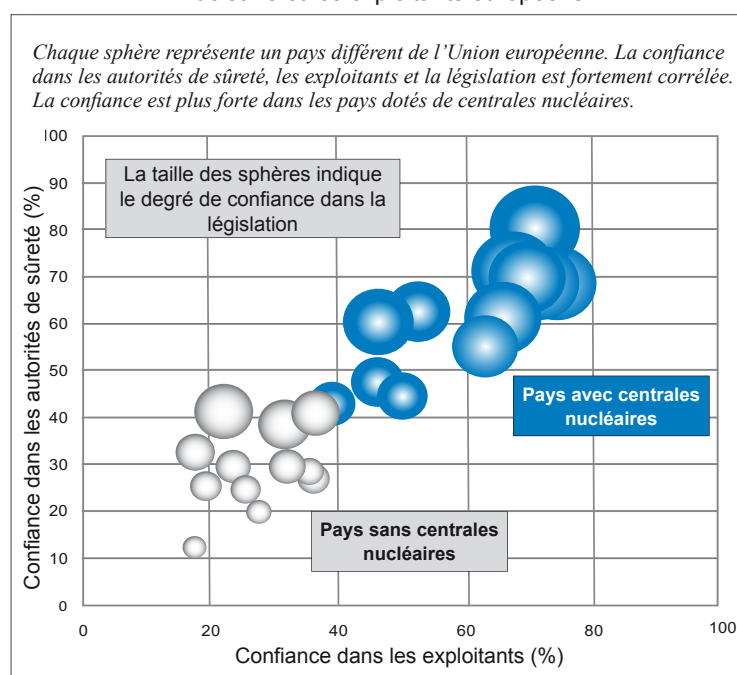
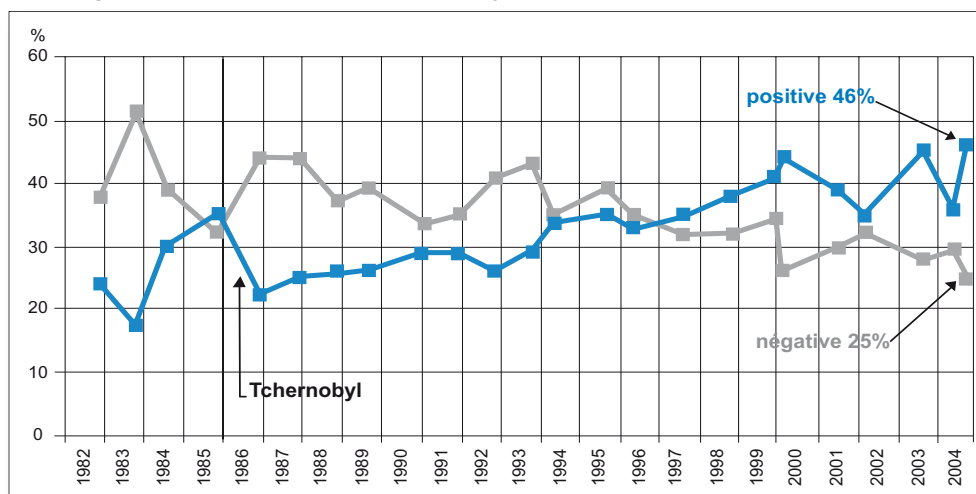


Figure 4 : Attitudes des Finlandais à l'égard de l'électronucléaire depuis 1982



Source : Suomen Gallop Oy/TNS Gallop Oy/Fédération finlandaise des industries énergétiques.

un sondage Eurobaromètre, les trois sources d'information que les répondants jugent les plus fiables sont les scientifiques (71 %), les ONG (64 %) et les autorités de sûreté nationales (51 %).

La réticence du public à croire les informations fournies par les pouvoirs publics montre qu'il ne suffit pas d'informer, même si c'est nécessaire. Il faut également prendre des mesures pour accroître la confiance du public dans les institutions. À cet égard, il est particulièrement intéressant d'observer la forte corrélation entre le niveau de confiance du public dans la législation nucléaire, les autorités de sûreté nucléaire et les exploitants de centrales nucléaires (voir Figure 3). On dirait que le public qui s'intéresse à des problèmes plus immédiats, comme le chômage, la criminalité, etc., ne cherche pas à distinguer les différents acteurs du secteur nucléaire mais a plutôt tendance à tous les voir sous un même jour. Là encore, le niveau de confiance est plus élevé dans les pays qui possèdent déjà des centrales nucléaires.

Lente augmentation des avis favorables

Des enquêtes réalisées chaque année dans sept pays – États-Unis, Finlande, France, Hongrie, Japon, Suède et Royaume-Uni – viennent compléter les informations fournies par les sondages Eurobaromètre et les enquêtes de l'AIEA. Ces sondages précisent l'évolution de l'opinion d'une année sur l'autre et remontent, dans le cas de la Finlande (voir Figure 4), jusqu'en 1982. L'enquête finlandaise révèle une nette diminution de l'acceptation du nucléaire après la catastrophe de Tchernobyl. On a pu observer une chute similaire

au Japon après l'accident survenu, en 1999, à l'usine de retraitement de Tokai-Mura. Depuis Tchernobyl, l'opinion publique a progressivement évolué en faveur du nucléaire en Finlande. On observe une évolution similaire de l'image de l'électronucléaire dans quatre des cinq autres pays pour lesquels on dispose de séries chronologiques. La France est le seul pays où l'adhésion au nucléaire est restée relativement constante aux environs de 50 % depuis le début des enquêtes en 1994.

Il ressort de ces sondages qu'en l'absence d'événements dramatiques, l'opinion publique n'évolue que lentement. L'augmentation progressive de l'adhésion au nucléaire que l'on a pu observer au cours des vingt dernières années s'explique peut-être par la mention plus fréquente des problèmes énergétiques en général dans les médias et, sans doute par la meilleure connaissance de l'énergie nucléaire au sein du public grâce aux campagnes d'information des pouvoirs publics et de l'industrie nucléaire. Les mesures destinées à accroître la confiance peuvent aussi avoir joué un rôle ; il s'agit notamment de l'amélioration de l'ouverture et de la transparence et d'une participation plus active des parties prenantes à la prise de décisions. L'industrie nucléaire a fait de gros efforts dans ce sens ces dernières années. Le Forum sur la confiance des parties prenantes de l'AEN ainsi que certains programmes nationaux de stockage des déchets radioactifs, comme ceux de la Belgique, du Canada et du Royaume-Uni, accordent une place prépondérante au dialogue avec les parties prenantes. Dans un monde où les choix énergétiques sont de plus en plus complexes, l'acceptation de l'électronucléaire par le public n'a jamais été aussi primordiale. ■

Science et valeurs en radioprotection

par T. Lazo*

Le Comité de protection radiologique et de santé publique (CRPPH) de l'AEN étudie la participation des acteurs intéressés aux processus décisionnels et d'aide à la décision depuis plus de dix ans. Il en ressort de ces travaux une conclusion essentielle : alors que la grande majorité des décisions de radioprotection reposent sur des données scientifiques, la plupart des décisions concernant la santé et la sécurité du public ou la protection de l'environnement sont, quant à elles, le fruit de jugements de valeur plus généraux. Un corollaire de cette conclusion est que les décisions les plus durables sont, en général, celles qui reflètent clairement les valeurs sociales sur lesquelles elles sont fondées.

Alors que ces conclusions peuvent sembler relativement simples, on constate lorsque l'on cherche à les appliquer à des situations réelles qu'elles sont loin de l'être. Le CRPPH continue donc à poursuivre son étude de la prise de décisions en concentrant ses efforts sur des exemples concrets de la relation entre d'une part, les chercheurs et leurs études scientifiques qui peuvent souvent être incomplètes et comporter des incertitudes, et d'autre part les autorités de sûreté et leurs besoins. Il s'agit de mieux comprendre comment, face à divers niveaux d'incertitude scientifique, des jugements de valeur sont passés et formulés dans le cadre de décisions réglementaires.

La première étape de ces travaux a consisté à organiser, à Helsinki, en janvier 2008, le 1^{er} Atelier science et valeurs en radioprotection, sous le parrainage des autorités de sûreté finlandaises (STUK). Les principaux résultats de cet atelier,

qui sont présentés ici, ont servi à préparer un second atelier sur le même thème, qui se tiendra du 30 novembre au 2 décembre 2009, en région parisienne, en France.

Objectifs et démarche

Les décideurs et les praticiens de la radioprotection ainsi que les autres acteurs concernés ont sans cesse besoin de mieux comprendre l'évolution des interactions entre la science et les valeurs dans le cadre de l'élaboration des politiques de radioprotection et de leurs applications pratiques. Les principes actuels de radioprotection peuvent être remis en cause par des phénomènes récemment observés par les chercheurs, comme les effets « bystander », l'instabilité génomique et la réponse adaptative. Sur la base de ces nouvelles données, il est souvent suggéré de réviser les principes en vigueur ou de présenter une nouvelle conception de la radioprotection. Il est nécessaire, dans le même temps, que les radioprotectionnistes qui étudient ces nouveaux phénomènes comprennent mieux les processus décisionnels généraux en radioprotection



Groupe de participants au premier atelier tenu à Helsinki en Finlande.

* M. Ted Lazo (lazo@nea.fr) est administrateur principal dans la Division de la protection radiologique et de la gestion des déchets radioactifs de l'AEN.

pour ainsi arriver à une meilleure interaction avec ces processus en intégrant les résultats de leurs recherches.

Pour analyser la prise de décisions et les interactions entre les scientifiques et les autorités de sûreté, il s'agissait dans le cadre du premier atelier de lancer un processus de réflexion et de dialogue entre la communauté scientifique, les décideurs et les autres acteurs concernés afin, à plus long terme, de :

- permettre aux communautés de chercheurs et de décideurs d'améliorer leur compréhension ;
- parvenir à une vision commune des nouveaux défis scientifiques et sociétaux auxquels est confrontée la radioprotection ;
- mettre en évidence les recherches nécessaires pour émettre des avis éclairés sur les nouvelles questions qui se posent ;
- mettre en évidence les éléments d'un cadre mieux adapté à l'intégration des innovations scientifiques et technologiques et des points de vue sociopolitiques en radioprotection ; et
- déterminer les prochaines étapes du processus les plus appropriées.

Pour atteindre ces divers objectifs, plusieurs exemples de nouveaux sujets de radioprotection ont été examinés au cours de l'atelier. Certains des principaux dossiers scientifiques mentionnés dans le rapport de l'AEN « *Scientific Issues and Emerging Challenges for Radiation Protection* » (OCDE/AEN, 2007) ont servi d'exemples dans l'atelier. Il s'agit notamment :

- des effets non ciblés ;
- de la sensibilité individuelle ; et
- des maladies cardiovasculaires.

La méthode dite « Et si... ? » a été adoptée dans le cadre des débats animés par un modérateur, en partant de l'hypothèse que la recherche permettrait d'aboutir à des conclusions scientifiques spécifiques (par exemple que la sensibilité individuelle peut être mesurée sans difficulté et que les risques individuels peuvent être beaucoup plus élevés chez des personnes sensibles). Les autorités nationales de radioprotection et les chercheurs ont alors examiné la probabilité de ces types de situations et leurs répercussions possibles sur la réglementation et les pratiques de radioprotection.

Effets non ciblés

Les effets non ciblés sont ceux qui interviennent dans des cellules qui n'ont pas été directement touchées par les rayonnements ionisants. En

particulier, les effets dits « bystander » se produisent dans les cellules qui n'ont pas été traversées par les rayonnements et sont induits par des signaux provenant des cellules irradiées. Un autre effet non ciblé important se produit dans la progénie des cellules irradiées où l'on observe un taux plus élevé d'altération génomique.

À l'heure actuelle, nos connaissances sont limitées sur ces deux aspects des effets non ciblés. Ainsi, dans le domaine des effets bystander, quels sont les messagers chimiques qui produisent des dommages dans les cellules non irradiées ? Pourquoi ces dommages n'interviennent-ils que dans certaines cellules à proximité des cellules irradiées ? En ce qui concerne l'instabilité génomique, pourquoi cette instabilité se manifeste-t-elle irrégulièrement dans la famille des cellules de la progénie ? Plus généralement, on ignore si ces effets sont associés à l'apparition ultérieure de maladies, comme le cancer, la leucémie ou les maladies cardiovasculaires et, de ce fait, on ne sait pas si ces effets peuvent influencer sur la forme de la courbe dose/réponse ou sur le modèle global des dommages radio-induits.

Pourquoi faut-il s'intéresser aux effets non ciblés ?

La nature précise des dommages radio-induits et les mécanismes qui produisent les effets nocifs (maladies) ne sont pas entièrement compris. Néanmoins, on suppose, à des fins de radioprotection, que le détriment est proportionnel à la dose. Si, toutefois, les effets dans les cellules qui se situent au-delà de celles qui sont directement touchées par les rayonnements ionisants influencent la genèse des maladies radio-induites, on peut alors supposer que le détriment n'est pas aussi directement proportionnel à la dose comme nous le pensons actuellement. Dans ce cas, les critères dosimétriques sur lesquels sont actuellement fondées les décisions de protection devraient être révisés.

Que savons-nous à l'heure actuelle des effets non ciblés ?

Le corpus des connaissances déjà important dans le domaine des effets non ciblés s'enrichit sans cesse grâce aux nombreuses recherches qui continuent d'être menées dans ce domaine. Des effets de voisinage ou « effets bystander » ont été induits dans des cellules non irradiées par des rayonnements ionisants, comme le montrent les expériences *in vivo* dans un modèle de cellules de la peau humaine, les expériences sur des souris et les expériences effectuées sur des échantillons de sang provenant d'hommes exposés à des rayonnements

ionisants. On pense que les effets bystander se manifestent par la communication intercellulaire via les jonctions lacunaires, et qu'ils sont observables à de faibles doses (de l'ordre de quelques mGy). On sait que l'instabilité génomique, un autre type d'effet non ciblé, est radio-induite. Dans ce cas, l'instabilité génomique apparaît sur des cellules de la progénie qui n'ont pas été irradiées, parfois plusieurs générations après l'exposition des cellules initialement irradiées.

Quelles questions scientifiques se posent ?

Un grand nombre de questions scientifiques n'ont pas encore été résolues en ce qui concerne les effets non ciblés, et des recherches considérables sont actuellement consacrées à ce sujet, notamment à l'étude de la nature des effets bystander émetteurs de signaux ainsi qu'à l'interaction de ce signal avec les cellules bystander. D'autres questions plus générales sont également étudiées. Par exemple, les effets bystander semblent liés à la dose seulement jusqu'à un certain niveau qui est faible et semble essentiellement se manifester à ces faibles doses, les doses plus élevées ne produisant pas d'autres effets. Dans ce contexte, nos connaissances ne nous permettent pas de dire si les cellules ciblées et non ciblées réagissent différemment.

Quels sont les aspects réglementaires ?

Parallèlement à ces questions scientifiques, les effets non ciblés soulèvent également une série de questions réglementaires importantes. D'une manière générale, étant donné l'état actuel des connaissances, nous ne pouvons dire dans quelle mesure les effets non ciblés amplifient les effets nocifs des rayonnements et, si c'était le cas, comment intégrer les effets non ciblés aux estimations des risques liés aux rayonnements.

Quelles méthodes convient-il d'adopter pour répondre aux questions scientifiques soulevées ci-dessus ?

Afin de mieux comprendre la nature des effets non ciblés, les études mécanistes sont essentielles car elles s'intéressent notamment à la réparation de l'ADN à de faibles doses et à de faibles débits de doses, aux différences entre les effets des rayonnements ionisants à faible et fort transfert linéique d'énergie (TLE) et à l'utilisation de nouvelles technologies, par exemple en analysant l'importance de la formation de foyers. La sensibilité génétique doit être étudiée à l'aide de systèmes modèles appropriés en se concentrant sur les composants génétiques et épigénétiques et en étudiant les différences individuelles.

Évolution probable

Une meilleure connaissance des effets non ciblés ne devrait pas influencer sur le niveau général des risques mais devrait, en revanche, contribuer à mieux expliquer l'origine des risques. D'après nos connaissances incomplètes actuelles, on peut supposer qu'une modification de la démarche utilisée aujourd'hui ne devrait pas être nécessaire.

Sensibilité individuelle

On appelle sensibilité individuelle la tendance de certains individus à être plus sensibles ou moins sensibles que d'autres aux dommages radio-induits. Cette hyper ou hyposensibilité peut être d'origine génétique, mais peut aussi résulter des conditions de vie (exposition à d'autres substances toxiques dans l'environnement, entre autres) ou des choix de vie (fumer, par exemple). L'importance que revêt la sensibilité individuelle pour la gestion de la radioprotection vient de ce que l'actuel système de radioprotection est fondé sur des valeurs moyennes et générales, qui s'applique indifféremment à tous les individus exposés ou potentiellement exposés. De ce fait, les décisions concernant la justification de la pratique, l'optimisation de la protection ou la limitation de l'exposition ne prennent forcément pas en compte la variabilité de la sensibilité de sorte qu'elles peuvent soumettre certains individus à des risques plus grands que d'autres.

À l'heure actuelle, il reste beaucoup à apprendre sur le plan scientifique dans ce domaine, par exemple en ce qui concerne la taille de la population potentiellement hypersensible et le degré de son hypersensibilité, l'éventail et la nature des expositions susceptibles de déclencher ces réactions d'hypersensibilité, les mécanismes de l'hypersensibilité qui peuvent être associés à d'autres facteurs environnementaux, etc. Néanmoins, l'existence de ces populations soulève des problèmes éthiques et réglementaires qui doivent être examinés afin que les autorités de sûreté ne soient pas amenées à prendre des dispositions hâtives et insuffisamment réfléchies si des découvertes scientifiques venaient confirmer les hypothèses pertinentes.

Pourquoi la sensibilité individuelle revêt-elle de l'importance ?

On a pu constater qu'aux doses élevées auxquelles sont soumis les patients soignés par radiothérapie, 5 % des patients traités pour un cancer sont hypersensibles aux rayonnements et développent des lésions de la peau beaucoup plus fréquemment que les autres patients. On pense que cette sensibilité

est d'origine génétique, mais on ne peut savoir avec certitude si cette sensibilité accrue à de fortes expositions est également susceptible d'augmenter le risque d'apparitions d'effets stochastiques chez l'être humain, même si ce risque a été mis en évidence dans des études sur l'animal.

En outre, on sait depuis quelque temps que les femmes sont en moyenne deux fois plus sensibles aux effets stochastiques radio-induits (cancer du sein, en particulier) et, d'autre part, que les jeunes enfants (jusqu'à cinq ans) sont environ cinq fois plus sensibles, en moyenne, aux effets stochastiques radio-induits que les adultes. Même s'il est vrai en général que des différences de risque de moins d'un ordre de grandeur sont loin de dépasser l'incertitude statistique correspondant à notre niveau actuel de connaissances, les personnes concernées ne considéreront peut-être pas que des différences d'un facteur de deux ou de cinq doivent être ignorées comme étant un bruit statistique.

Que savons-nous aujourd'hui de la sensibilité individuelle ?

La sensibilité individuelle se manifeste à de fortes doses, c'est-à-dire aux niveaux auxquels sont soumis les patients traités par radiothérapie, et peut se manifester à de faibles doses, par exemple aux doses auxquelles sont exposés des travailleurs sous rayonnement et le public en général. En ce qui concerne les malades soignés par radiothérapie, 5 % sont hypersensibles aux rayonnements et, parmi eux, 5 % (ou 0,25 % de l'ensemble des patients traités) sont extrêmement sensibles. Il importe également de souligner que certaines personnes seraient semblent-elles hypersensibles aux rayonnements sans que l'on puisse définir pour l'instant la taille de ce groupe.

Quelles questions scientifiques convient-il d'examiner ?

Il convient en particulier d'explorer les effets à doses élevées car on les a observés sur les patients traités par radiothérapie. Le lien avec des caractéristiques génétiques précises est notamment utilisé pour mettre au point des tests prédictifs permettant de déceler si un individu est susceptible d'être hypersensible aux rayonnements. Toutefois, si l'on veut que ces tests permettent vraiment de définir la stratégie thérapeutique à adopter pour un malade, il importe de mieux comprendre les mécanismes et les conséquences des effets produits par cette hypersensibilité ainsi que leur applicabilité : à savoir, il faut déterminer à quels niveaux d'exposition ils risquent de se manifester, le rôle que peut jouer l'âge au moment de l'exposition, etc. Il va de soi que

l'exactitude et la précision de ces essais prédictifs devront être convenablement validés.

Quels sont les aspects réglementaires du dossier ?

Parallèlement aux aspects scientifiques, la question de la sensibilité individuelle soulève aussi une série de questions réglementaires importantes. Ainsi, étant donné qu'il y a des individus hypersensibles dans les populations exposées qui ont servi à estimer le risque radiologique, en particulier les populations d'Hiroshima et de Nagasaki, il convient de se demander si les résultats obtenus tiennent suffisamment compte des individus hypersensibles. En fait, la plupart des estimations actuelles des risques sont-elles le résultat des risques observés chez ces individus ? Dans ce cas, serait-il justifié de réviser notre approche actuelle de la radioprotection soit en calculant une nouvelle limite de dose pour mieux protéger les individus hypersensibles et une autre limite pour les individus dits normaux, ou serait-il préférable de conserver une seule limite de dose choisie, en revanche, en fonction des risques courus par les individus hypersensibles ? De plus, si l'hypersensibilité se révèle être un aspect dont il faut tenir compte (certains individus courant deux fois, si ce n'est plus, le risque « normal »), il conviendrait d'étudier plusieurs autres aspects réglementaires, y compris la protection des équipes d'intervention de crise et, selon le niveau d'exposition concerné, peut-être la protection de la population (groupe sensible) durant les situations d'urgence (répercussions sur la méthode actuelle d'élaboration des plans d'intervention afin de les optimiser pour les femmes, les femmes enceintes et les enfants).

Quelles démarches faut-il adopter pour traiter les questions scientifiques soulevées ci-dessus ?

Compte tenu de la nature des questions scientifiques qui se posent, les stratégies crédibles devront entre autres comporter des modèles monocellulaires et des modèles animaux même si leur transposabilité à des organes et à des êtres humains doit être étudiée. Il conviendra, pour aller de l'avant, d'établir des priorités dans la recherche, ce qui nécessitera un véritable dialogue entre les chercheurs, les autorités nationales de radioprotection et la communauté de la radioprotection dans son ensemble. Pour définir ces priorités, il est essentiel de s'entendre sans ambiguïté sur la manière dont il convient d'apprécier la capacité de ces études d'apporter des réponses et de se demander si des facteurs de risque, comme l'âge, le régime alimentaire, le style de vie, etc. influent sur la sensibilité.

Évolution probable

Une difficulté associée à notre niveau actuel de connaissances est le besoin de déterminer les modifications nécessaires à notre approche actuelle de la radioprotection à mesure que les connaissances évoluent. En adoptant la méthode « Et si... ? », on peut s'attendre à plusieurs modifications après une caractérisation plus poussée de la population sensible (à savoir la partie de la population concernée, son niveau d'hypersensibilité, l'impact de l'âge et du sexe sur la sensibilité, etc.). À partir de ces connaissances, il est probable que des modifications des mesures de radioprotection seront envisagées aussi bien pour les doses élevées que les doses faibles.

Néanmoins, sur la base de notre savoir actuel et, en particulier, de notre perception du niveau probable d'augmentation des risques dans le cas d'une importante population d'individus hypersensibles, il ne semble pas nécessaire de changer radicalement l'approche actuelle de la radioprotection. Aucune modification précise n'est recommandée pour la protection des travailleurs sous rayonnement, la protection du public en général ou pour les programmes de dépistage dans la population (à savoir le dépistage médical ou l'analyse médico-légale).

Ce qui importe ici est de savoir qu'il existe une incertitude scientifique et d'être prêt à réagir de manière appropriée dès que l'on dispose de nouvelles données. Ainsi, là encore, sur la base de ce que nous savons aujourd'hui, il est proposé, pour l'exposition en situation d'urgence radiologique ou en médecine diagnostique ou thérapeutique, de réfléchir à un réajustement des mesures de protection pour tenir compte de la sensibilité individuelle.

Maladies cardiovasculaires

Il est généralement admis que la radioexposition du cœur ou d'autres parties de l'appareil circulatoire à de fortes doses (plusieurs Gy) se traduit par une augmentation à long terme du risque de maladies cardiovasculaires. Au cours des dix à quinze dernières années, le suivi prolongé des survivants de la bombe atomique et d'autres populations a permis de constater que les expositions aiguës à des doses relativement faibles (< 2 Gy) se traduisent aussi par une augmentation des risques de maladies cardiovasculaires.¹ Bien que les risques relatifs estimés soient plus faibles que pour le cancer, il ne fait pas de doute que les décès dus à des maladies cardiovasculaires radio-induites représenteront une fraction non négligeable de l'impact global

des rayonnements sur la mortalité des survivants de la bombe atomique. Néanmoins, ces données épidémiologiques n'apportent pas et ne pourront probablement pas apporter de preuves définitives de l'augmentation des risques de maladies cardiovasculaires induites par l'exposition à de faibles doses (par exemple 0,005 à 0,5 Gy). En dépit de cette incertitude, ces découvertes ont eu pour effet d'augmenter l'intérêt porté à l'identification des mécanismes expliquant les effets à long terme des rayonnements sur l'appareil circulatoire et ont incité à réexaminer les risques de maladies cardiovasculaires dans d'autres populations.

Pourquoi les maladies cardiovasculaires présentent-elles de l'intérêt ?

Le système de radioprotection ne tient pas spécifiquement compte des maladies cardiovasculaires à l'heure actuelle. La Commission internationale de protection radiologique (CIPR) reconnaît l'existence de ce problème mais note que l'on observe des effets radio-induits au cours d'expériences à de fortes doses d'environ 1 Gy.² Des incertitudes demeurent sur la forme de la courbe doses/réponses à de faibles doses et sur l'existence d'un seuil aux environs de 0,5 Gy. En général, la CIPR considère que les données disponibles ne peuvent être intégrées aux estimations du détrimement produit à la suite de faibles doses d'irradiation inférieures à 100 mSv. Ce point de vue est conforme à la conclusion du rapport du Comité scientifique pour l'étude des effets des rayonnements ionisants (UNSCEAR) de 2008, qui estime qu'il y a peu de preuves d'un risque accru en-dessous de 1 Gy.³

L'UNSCEAR a consacré une annexe à ce sujet dans son rapport de 2008, et la CIPR et les autres groupes participant à la formulation de directives réglementaires devront inévitablement se demander comment intégrer les risques potentiels de maladies cardiovasculaires dans le système de radioprotection.

Aspects réglementaires et évolution probable

Si les principes de radioprotection venaient à être modifiés sur la base des estimations japonaises des risques et de l'hypothèse d'une relation linéaire sans seuil en tenant compte des risques de maladies cardiovasculaires, une révision importante s'imposerait. Il faudrait abaisser de 30 à 50 % les limites de dose actuelles, dans l'optique en particulier de l'optimisation de la protection. Dans ce cas, appliquer le principe de précaution supposera non seulement la modification du détrimement mais aussi la prise en compte des

coûts et des autres conséquences associées à ce changement. Le système actuel de radioprotection sera alors fortement remis en question. Néanmoins, les participants à l'atelier sont convenus aussi que toute modification éventuelle devra être faite à la lumière des nouvelles données scientifiques et de jugements de valeur sérieux, ce qui implique davantage de recherche et de dialogue.

Avancées futures

L'Atelier science et valeurs en radioprotection fut le premier d'une série prévue par le CRPPH afin d'aborder les nouvelles questions scientifiques et les interrogations sur l'éventuelle nécessité de réviser ou de modifier les principes applicables et les critères utilisés en radioprotection. Son objectif était de faire naître un débat sur l'universalité des actuelles méthodes fondamentales de radioprotection et sur la possibilité qu'elles soient remises en question par de nouvelles données scientifiques. Il cherchait à mettre en lumière comment s'entendre sur le point de basculement, à savoir le stade auquel les aspects scientifiques et sociaux pris en compte par les décideurs et les autorités de sûreté pèsent suffisamment « pour faire pencher la balance » en faveur d'une nouvelle méthode, ou d'un nouveau modèle, réglementaire. Les participants ont conclu que le débat durant cet atelier, brièvement résumé ci-dessus, a permis de bien amorcer la réflexion sur les divers aspects de cette question scientifique et sociale importante.

Les membres du CRPPH ont estimé d'un commun accord que le second atelier devra souligner à nouveau que la protection radiologique est le fruit de la combinaison de données scientifiques et de jugements de valeur et devra se focaliser sur les problèmes de radioprotection qui se posent actuellement et restent des sources de difficultés. Ce second atelier devra, de ce fait, traiter d'une série de questions actuelles de radioprotection, non pas en se demandant « que se passerait-il si... » mais plutôt « que devons-nous faire à présent ». Cet atelier étudiera les problèmes sociaux et scientifiques soulevés par le radon, par l'augmentation des expositions médicales et par l'apparition de risques radiologiques de maladies cardiovasculaires.

Dans les trois domaines choisis pour l'atelier, les approches actuelles de la radioprotection n'ont pas encore donné tous les résultats désirés (notamment pour le radon et les expositions médicales), ou l'on estime que les éléments de preuve scientifiques ne suffisent pas à justifier une modification de la méthode actuelle (en l'occurrence pour les maladies

cardiovasculaires). Ainsi, si l'objectif de cet atelier n'est pas d'élaborer des recommandations détaillées sur les nouvelles méthodes, il est prévu que :

- Les parties prenantes dans chaque domaine présenteront et partageront leurs points de vue et les valeurs correspondantes, de sorte que grâce à une meilleure compréhension mutuelle, il leur sera plus facile d'élaborer des approches communes.
- Les participants examineront les raisons et justifications sociales et scientifiques de la nécessité d'adopter de nouvelles approches de la radioprotection dans chacun de ces domaines (point de basculement).
- Des démarches pratiques pour améliorer la radioprotection dans chaque domaine seront étudiées en se fondant sur les expériences nationales.
- Les participants préciseront les recherches et/ou analyses complémentaires dont on pourrait avoir besoin pour mieux comprendre les problèmes qui se posent et trouver les moyens de les aborder.
- Les processus et éléments qui pourraient contribuer à améliorer la radioprotection dans ces trois domaines, grâce à une meilleure prise en compte des aspects sociaux et scientifiques, seront mis en évidence.

Cet atelier devrait permettre de mieux comprendre comment prendre des décisions basées sur des jugements de valeur de manière de plus en plus transparente, en précisant les hypothèses et les principes fondamentaux adoptés. Il faut également espérer que l'examen de ces sujets permettra aux participants d'entendre des points de vue nationaux et institutionnels différents sur la manière dont il convient de relever les défis dans ces domaines. Un rapport résumant les résultats de cet atelier sera publié par l'AEN en 2010. ■

Références

1. Preston, D.L., Y. Shimizu, D.A. Pierce, et al. (2003), "Studies of Mortality of Atomic Bomb Survivors. Report 13: Solid Cancer and Non-cancer Disease Mortality 1950-1997". *Radiation Research*, Volume 160, N° 4, pp. 381-407.
2. CIPR (2008), *ICRP Publication 103: The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection*, *Annals of the ICRP*, Volume 37/2-4.
3. UNSCEAR (2008), *Effects of Ionizing Radiation: UNSCEAR 2006 Report, Volume 1 – Report to the General Assembly, with Scientific Annexes A and B*, Nations Unies, Comité scientifique pour l'étude des effets des rayonnements ionisants, Vienne.

Le retour d'expérience du démantèlement et les nouvelles centrales nucléaires

par P. O'Sullivan, C. Pescatore et I. Tripputi*

Le Groupe de travail sur le déclassement et le démantèlement (WPDD) de l'AEN vient d'entreprendre une étude des méthodes employées aujourd'hui pour intégrer le retour d'expérience du démantèlement à la conception et au processus d'autorisation des filières de réacteurs de troisième génération. Cette étude se justifie par le fait que plusieurs pays membres de l'AEN envisagent de lancer des programmes de construction de centrales nucléaires reposant sur ces nouvelles filières de réacteurs.

Le WPDD a entrepris de rédiger un rapport sur la base des informations communiquées par les autorités de sûreté, les producteurs d'électricité et les constructeurs de réacteurs concernés par la mise au point et la réalisation de réacteurs appartenant à ces nouvelles filières. Ces informations ont été recueillies dans un premier temps par un sondage dont les résultats ont ensuite fait l'objet d'une session thématique du WPDD à laquelle ont assisté les répondants ainsi que des représentants de l'Association des responsables des autorités de sûreté nucléaire des pays d'Europe de l'Ouest (WENRA), de FORATOM ainsi que de la Section de la technologie des déchets de l'Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA).

Le rapport final sur l'étude doit être publié courant 2009. Les principales conclusions sont évoquées ci-après.

Synthèse

L'expérience acquise dans le cadre des projets de démantèlement de centrales nucléaires démontre que ces opérations pourraient être plus faciles si l'on en tenait compte dès la conception de l'installation

et sur toute la durée de son exploitation. Mieux planifier le démantèlement dès l'origine permet en effet de réduire les doses reçues par les travailleurs et de réduire les coûts. Si l'on a omis de prendre les dispositions de conception appropriées à un stade précoce, il devient de plus en plus difficile de le faire à mesure que le projet avance. C'est pourquoi leur prise en compte dès le début peut résulter en un démantèlement plus aisé et plus efficace. Ce constat a conduit les autorités de sûreté nationales et les producteurs d'électricité à réclamer que les besoins de démantèlement soient abordés au stade de la conception et que soient fournis un plan de démantèlement et un plan de gestion des déchets préliminaires dans la demande d'autorisation.

Réflexions sur les bonnes pratiques

Plans de démantèlement préliminaires

Depuis quelques années, il est devenu courant d'élaborer à un stade précoce des plans de démantèlement, pour les réviser ensuite si besoin est pendant la durée d'exploitation de l'installation nucléaire et les soumettre périodiquement pour approbation aux autorités nationales compétentes. En complément aux stratégies conceptuelles de démantèlement de l'installation, ces plans traitent

* M. Patrick O'Sullivan (patrick.osullivan@oecd.org) et M. Claudio Pescatore (pescatore@nea.fr) travaillent à la Division de la protection radiologique et de la gestion des déchets radioactifs de l'AEN. M. Ivo Tripputi (tripputi@sogin.it) travaille à la SOGIN, en Italie. Il préside le Groupe de travail sur le déclassement et le démantèlement (WPDD).

normalement de sujets tels que la gestion des déchets issus des opérations de démantèlement, de l'état final du site et de questions environnementales y afférentes. Ils servent aussi à démontrer que les coûts du démantèlement ont été dûment estimés et provisionnés. Ces tendances font qu'une attention accrue est portée à des aspects associés, dont le choix des matériaux de construction, les moyens de faciliter les opérations de maintenance et de démontage ainsi que de limiter la contamination et la définition des niveaux nationaux de libération.

Les plans de démantèlement doivent prévoir, à un niveau de détail pertinent, les dispositions de conception nécessaires pour limiter le plus possible la production de déchets radioactifs, en réduisant et maîtrisant l'activation et la contamination et en facilitant les opérations de décontamination, pour simplifier le démontage et la manutention des équipements, pour gérer les matériaux et les déchets sur le site et, enfin, pour simplifier la libération du site.

Prévoir le déroulement du démantèlement au stade de la conception permettrait d'identifier les améliorations à apporter à la conception pour faciliter le démantèlement et ainsi de lever une partie des incertitudes qui pèsent sur les coûts de cette opération. Par ailleurs, une stratégie bien définie de minimisation des matières radioactives contribuera pour beaucoup à abaisser les coûts de la gestion des déchets.

Chevauchement des exigences d'exploitation et de démantèlement

Pour les compagnies d'électricité, il est important que la conception optimise l'exploitation et la maintenance de l'installation. Les caractéristiques de conception qui répondent à cette exigence seront toujours également bonnes pour le démantèlement ultérieur. Parmi les pratiques de conception qui facilitent tant l'exploitation et la maintenance que les opérations de démantèlement on peut citer : prévoir suffisamment d'espace pour les activités à réaliser, diminuer les doses pendant ces activités, réduire les quantités de déchets, maintenir la contamination à de faibles niveaux, mettre en place des capacités de manutention suffisantes et prévoir le remplacement des composants. Les solutions qui permettent de produire moins de déchets consisteront, par exemple, à choisir astucieusement les matériaux employés et à prévoir des dispositifs pour limiter la propagation de la contamination dans les zones et systèmes non contaminés.

Intégrer le démantèlement à la conception

Si bien des exigences de conception visant à améliorer l'exploitation et la maintenance ont des effets positifs sur le démantèlement, d'autres devront

porter uniquement sur le démantèlement et le déclassement. Il s'agit principalement dans ce cas de concevoir des structures stables à long terme, de prévoir des dispositifs réduisant les infiltrations au minimum, de contenir les fuites et rejets et de retarder la migration éventuelle de contaminants. D'après l'expérience que l'on a aujourd'hui du démantèlement, il faudrait se concentrer davantage sur l'identification des principaux composants de systèmes particuliers des réacteurs qui sont directement concernés par le démantèlement et sur la définition des limites de ces systèmes, quelle que soit la stratégie de démantèlement.

Les bonnes pratiques actuelles veulent que l'on s'efforce, par des dispositions techniques, de toujours éviter d'encaster les tuyauteries, par exemple en les plaçant dans des tunnels ou des tranchées accessibles ou en utilisant des parois doubles pour toutes les tuyauteries traversant les murs ou les sols en béton. Les fuites survenant dans des tuyauteries encastrees sont en effet difficiles à repérer, sans compter qu'elles peuvent augmenter la quantité de déchets et rallonger les périodes d'arrêt des installations. En contrepartie, la conception des dispositions de radioprotection devra intégrer les doses de rayonnements potentielles auxquelles des tuyauteries non protégées pourraient exposer le personnel.

Une optimisation appropriée des dispositions de conception relatives au démantèlement et de celles concernant la gestion aval des déchets, et notamment le fait de prévoir des installations et des espaces pour la gestion des matériaux et des déchets sur le site, devraient permettre à la fois de réduire l'exposition aux rayonnements du personnel et d'abaisser les coûts de démantèlement.

Systèmes d'archivage et gestion de la configuration de la centrale

Il faudrait, à un stade précoce, étudier les besoins de la gestion de la configuration de la centrale, dont le développement de systèmes d'archivage permanent de la configuration matérielle de l'installation. L'expérience de projets de démantèlement récents montre que les archives d'une centrale peuvent se révéler incomplètes ou inexacts et ne pas correspondre par conséquent à la configuration finale de l'installation. Les systèmes de gestion de la centrale devront donc être conçus de façon à contenir, outre les archives concernant directement l'exploitation, d'autres informations qui pourraient être importantes pour le démantèlement. Ainsi, les informations concernant les ouvertures pratiquées provisoirement pendant la construction pourraient faciliter leur réutilisation au moment du démantèlement.

Les modèles de simulation 3D qui sont élaborés au cours de la conception constituent un outil de

gestion utile pendant toute l'exploitation de la centrale, qui sert également à montrer comment il est possible de conserver la maîtrise de la configuration au cours des diverses étapes du démantèlement et à visualiser l'emplacement des sources d'activité lorsque l'on a besoin de choisir l'endroit où effectuer des prélèvements dans le cadre de la surveillance de la radioactivité.

Il est de bonne pratique de conserver la trace de la composition d'origine des aciers et des bétons employés pour construire la centrale (y compris les spécifications techniques). En effet, il peut être important, pour le futur démantèlement, de savoir s'ils contiennent des impuretés, ce qui permet de limiter les opérations de caractérisation des matériaux nécessaires à ce moment. Les matériaux employés pour construire les protections neutroniques sont particulièrement importants. Il est notamment intéressant, au stade de la conception, de préciser l'intervalle de variation admissible des teneurs en cobalt de l'acier et de s'efforcer de les abaisser en termes absolus, sachant que les quantités de certains autres radioéléments sont souvent calculées en fonction de ces teneurs. Globalement, la gestion des inventaires de radionucléides en sera facilitée.

Systèmes de surveillance de la centrale

Il est de bonne pratique d'installer des systèmes de surveillance pour détecter précocement toutes les fuites et la contamination, y compris les fuites de tuyauteries souterraines (surveillance de l'environnement). Il est aussi souhaitable de prévoir des moyens de surveiller tous les paramètres chimiques de la centrale pour minimiser la corrosion des composants métalliques. Les exploitants de centrales doivent veiller à enregistrer et conserver ces informations, car cette contamination risque ensuite de n'apparaître qu'au moment de la démolition de la structure en béton.

Vers une standardisation accrue des exigences de conception

Les spécifications de conception établies par les producteurs d'électricité (qui sont les clients) constituent un lien essentiel entre l'expérience passée et le processus de conception. Ces spécifications doivent être définies en tenant compte des réflexions des concepteurs sur ce qui est véritablement réalisable.

En Europe, les grands producteurs d'électricité se sont dotés de spécifications harmonisées leur permettant de s'assurer que toutes les conceptions de réacteurs destinés au marché européen possèdent des caractéristiques fondamentales communes. L'une d'entre elles consiste à prendre des mesures à la conception de la centrale pour réduire le plus possible la quantité de déchets et organiser la

dépose des composants. Le Cahier des charges des compagnies européennes (*European Utilities' Requirements – EUR*) qui porte sur les réacteurs à eau ordinaire (www.europeanutilityrequirements.org) aborde notamment les questions telles que le choix des matériaux pour abaisser les débits de dose, les traitements de surface facilitant la décontamination et l'accessibilité des équipements pour faciliter leur dépose. Dans les années qui viennent, il est prévu de mettre à jour le *Utility Requirements Document* (URD) de l'*Electric Power Research Institute* afin d'établir des spécifications équivalentes.

Les autorités de sûreté ont entrepris elles aussi d'harmoniser leurs spécifications, par le biais notamment des *Safety Reference Levels* (niveaux de référence) établis par WENRA pour les opérations de démantèlement et la gestion des déchets radioactifs en Europe. L'établissement d'un plan préliminaire de démantèlement avant la délivrance de l'autorisation de construction et la mise à jour de ce plan sur toute la durée de vie de l'installation y figurent en bonne place. Ce plan doit tenir compte de l'étude de sûreté effectuée en prévision du démantèlement et qui est également mise à jour périodiquement au cours de la vie de la centrale.

Communiquer l'expérience du démantèlement aux concepteurs de réacteurs

Les enseignements du démantèlement seraient plus efficacement intégrés à la conception et tout au long de la vie de la centrale si l'on veillait à recueillir, analyser et archiver systématiquement l'expérience acquise lors de ces opérations. Assurément les ingénieries font des efforts déterminés pour tenir davantage compte des besoins du démantèlement lorsqu'ils conçoivent des centrales. Par contre, à quelques exceptions importantes près, comme la *Nuclear Regulatory Commission* aux États-Unis, les tentatives systématiques pour tirer les leçons de cette expérience sont rares et il n'est pas évident non plus qu'un mécanisme systématique ait été mise en place pour intégrer ces enseignements à la conception de centrales.

Un facteur joue un rôle important à cet égard. Au sein des compagnies d'électricité comme des autorités de sûreté, la conception, l'exploitation, le démantèlement et le déclassement relèvent souvent de services différents. Parfois, ces activités sont tout simplement de la responsabilité de différents organismes, et il faut veiller à assurer la communication des informations entre les différents groupes. L'étude de l'AEN a été l'occasion pour les autorités de sûreté, les compagnies d'électricité et les ingénieries d'échanger leurs points de vue et expériences sur la façon dont les spécifications du démantèlement devraient être intégrées à la conception des centrales. ■

Gestion du vieillissement

par A. Blahoianu, K. Gott, A. Huerta, N. Sekimura and A. Yamamoto*

La gestion du vieillissement est en général définie dans son acception la plus large, qui recouvre non seulement le vieillissement du matériel (structures, systèmes et composants), mais également certains aspects relevant plus spécifiquement de la gestion tels que le fait de se tenir informé des évolutions des technologies et des pratiques de gestion les plus récentes. À l'évidence, on accorde une très haute importance à la gestion « traditionnelle » du vieillissement, c'est-à-dire aux problèmes liés à la dégradation du matériel. Les autres aspects, tels que les évolutions de la technique ou de la gestion, bien que jugés importants, occupent dans les faits une moindre place.

La gestion du vieillissement des centrales comprend nécessairement les éléments suivants qui sont liés :

- compréhension et connaissance des mécanismes d'endommagement sous l'effet du vieillissement, dont des comparaisons des conséquences des mécanismes d'endommagement sur le comportement macroscopique des matériaux et des structures dans les conditions pertinentes ;
- modèles prédictifs pour extrapoler le comportement des structures, systèmes et composants jusqu'à une date définie ;

* M. Andrei Blahoianu (andrei.blahoianu@cncs-ccsn.gc.ca), de la Commission canadienne de sûreté nucléaire (CCSN), préside le groupe IAGE. Mme. Karen Gott (karen.gott@ssm.se), de l'Autorité de sûreté radiologique suédoise (Strål säkerhets myndigheten) préside le Projet OPDE et le Groupe de travail SSC du projet SCAP. M. Alejandro Huerta (alejandro.huerta@oecd.org) travaille à la Division de la sûreté nucléaire de l'AEN. Prof. Naoto Sekimura (sekimura@n.t.u-tokyo.ac.jp), du Department of Nuclear Engineering and Management de l'Université de Tokyo, assure la présidence du projet SCAP. M. Akihiro Yamamoto (akihiro.yamamoto@oecd.org) travaille à la Division de la sûreté nucléaire de l'AEN.

- méthodes reconnues de détection et de surveillance de la dégradation due au vieillissement ;
- mesures reconnues permettant de limiter le vieillissement, d'en réparer les effets et de remplacer les composants détériorés ;
- système fiable de documentation sur l'installation, sans oublier l'optimisation du programme de gestion du vieillissement en fonction des connaissances et savoirs les plus récents et des auto-évaluations périodiques ;
- existence d'un service et d'une base de connaissances techniques.

Ces dernières années, l'intérêt pour la gestion du vieillissement des centrales s'est accentué, en particulier parce que l'on envisage de prolonger la durée de vie d'un nombre croissant de centrales nucléaires dans le monde. C'est dans ce contexte que l'AEN a mené de nombreuses études techniques pour évaluer l'impact des mécanismes de vieillissement sur la sûreté et la fiabilité de l'exploitation des centrales. Des recherches internationales ont également été entreprises afin de constituer une base technique sur laquelle pourront s'appuyer les décisions.

Nous décrivons dans cet article certaines activités et réalisations du Groupe de travail sur l'intégrité des composants et des structures (IAGE) du Comité sur la sûreté des installations nucléaires (CSIN) de l'AEN, du Projet d'échange de données sur les ruptures de tuyauteries (OPDE) ainsi que du Projet sur la fissuration par corrosion sous contrainte et le vieillissement des câbles (SCAP).

Travaux réguliers de l'AEN sur les mécanismes de vieillissement

Les activités du groupe IAGE visent à approfondir nos connaissances et notre compréhension des mécanismes de vieillissement, des propriétés des matériaux, des conditions de fonctionnement et des effets du milieu, ainsi que des sites d'endommagement potentiels et des conséquences

des dégradations et défaillances. Dans les programmes de gestion du vieillissement, ce groupe s'est particulièrement intéressé aux inspections, au suivi et à l'évaluation des programmes de gestion du vieillissement ainsi qu'aux mesures prises pour limiter le vieillissement, réparer ses effets et remplacer les composants détériorés.

Étant donné les niveaux de compétences exigés lorsque l'on étudie les questions d'intégrité et de vieillissement des différents composants, le groupe IAGE se fait assister par trois sous-groupes qui sont chargés respectivement de l'intégrité et du vieillissement des composants métalliques, de l'intégrité et du vieillissement des structures en béton et du comportement sismique des composants et des structures.

Le cyclage thermique est un problème récurrent très répandu dans les centrales nucléaires du monde entier. Plusieurs incidents ayant provoqué une fuite de réfrigérant primaire dans l'enceinte de confinement ont menacé l'intégrité des centrales nucléaires, bien qu'aucun rejet n'ait eu lieu hors de l'enceinte. Le cyclage thermique est un phénomène complexe où interviennent des phénomènes relevant de la thermohydraulique, de la mécanique de la rupture, de l'étude des matériaux et de l'exploitation de la centrale. Le groupe IAGE a entrepris un programme de travail sur le cyclage thermique afin de fournir aux pays membres de l'AEN des informations sur le retour d'expérience, les politiques réglementaires, les contre-mesures en place ainsi que l'état actuel des études et recherches dans ce domaine. Ce programme devrait aussi permettre d'identifier les domaines à approfondir dans le cadre de recherches nationales et internationales.

Ce programme a consisté à :

- Passer en revue le retour d'expérience, les cadres réglementaires, les contre-mesures ainsi que les recherches actuelles sur ce thème. Les résultats sont décrits dans le document NEA/CSNI/R(2005)8.
- Organiser un exercice de comparaison pour évaluer les capacités de calcul de l'amorçage et de la propagation des fissures sous chargement thermique cyclique dans les pays membres et, à terme, élaborer des critères de sélection des composants vulnérables. Les résultats de cet exercice ont été publiés dans le document NEA/CSNI/R(2005)2.
- Organiser une série de conférences internationales sur la fatigue des composants de réacteurs pour dresser un bilan des progrès accomplis dans ce domaine et permettre à des spécialistes de haut niveau d'échanger informations et

réflexions. La périodicité de ces conférences est de deux ans, ce qui permet de suivre les progrès réalisés et de concentrer les recherches sur les aspects les plus importants.

Par ailleurs, le groupe IAGE est sur le point d'entreprendre une nouvelle activité consistant à évaluer la possibilité de transposer à des structures et composants les données sur la fatigue recueillies sur des éprouvettes standard, y compris les effets du milieu. Il s'agit par là de s'assurer de la validité d'utilisation des codes pour analyser la fatigue des composants, de proposer une synthèse des essais de fatigue effectués sur les composants et structures et de sélectionner un jeu d'essais de référence pour vérifier la réglementation proposée dans différents pays.

Plusieurs cas de fissuration par corrosion sous contrainte d'alliages et de soudures à base de nickel se sont produits dans le circuit primaire. Parmi les exemples récents on retiendra la fissuration des départs ou piquages des boucles primaires et des adaptateurs de couvercles de cuve. Bien que des recherches considérables aient été consacrées aux tubes de générateurs de vapeur, on connaît mal la vulnérabilité des sections épaisses à ce type de dégradation. Or, on a besoin de cette information pour les alliages déjà employés dans les composants mais aussi pour ceux des composants qui viendront les remplacer. L'AEN a beaucoup publié sur des événements liés à la fissuration par corrosion sous contrainte (CSC), dont des comparaisons du retour d'expérience, des pratiques d'inspection et des critères de réception employés dans les différents pays [NEA/CSNI/R(2006)8], mais aussi des informations sur les ruptures de tuyauteries, dans le cadre du Projet OPDE et sur les défaillances de composants sous l'effet de la fissuration par CSC dans le cadre du Projet SCAP, cela afin d'établir une synthèse des acquis et expériences pour en déduire des pratiques recommandées.

Le rayonnement que subit la cuve sous pression des réacteurs provoque une fragilisation des matériaux qui a été l'objet de diverses activités du CSIN en raison de sa capacité de réduire les marges de sûreté en cas de choc thermique sous pression. Ce choc thermique sous pression reste un sujet pertinent lorsqu'il s'agit de prolonger la durée de vie des centrales, et son analyse exige de recueillir des quantités importantes de données et de tenir compte des incertitudes associées (transitoires, propriétés de matériaux, distribution des défauts). L'approche déterministe étant trop conservatrice, de nombreux pays recourent à des méthodologies probabilistes ou en mettent au point.

Aperçu du contenu de la base données OPDE

Mécanisme de dégradation ou d'endommagement	Nombre d'enregistrements par type de défaillance		
	Fissure non traversante/ amincissement de la paroi	Fuite de liquide radioactif	Défaillance de la structure
Corrosion (dont corrosion par effet de crevasse, corrosion par piqûres, corrosion galvanique, corrosion microbiologique)	45	272	5
Erreurs de conception, de construction et de fabrication	79	239	9
Corrosion-érosion et corrosion accélérée par l'écoulement	190	327	50
Fissuration par corrosion sous contrainte (ECCS, IGSCC, PWSCC, TGSCC)	837	273	0
Fatigue thermique (dont stratification thermique, zones de mélange et faïençage)	62	63	3
Fatigue vibratoire	60	810	48
Autres [dont érosion de cavitation, fretting, coup de bélier, fissuration par corrosion induite par déformation (SICC), à classer]	48	147	44
Total	1 321	2 131	159

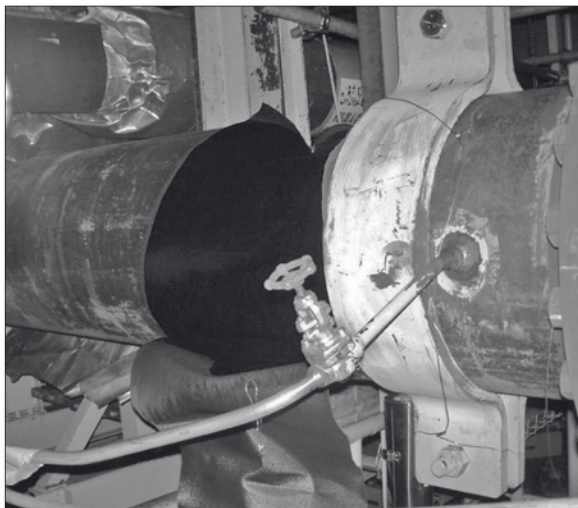
Projets de l'AEN consacrés aux ruptures de tuyauteries

L'intégrité physique des systèmes de tuyauteries est essentielle pour la sûreté et le fonctionnement des centrales. C'est pourquoi, les autorités de sûreté de 11 pays ont décidé de recueillir des informations sur la dégradation et la rupture de composants de tuyauteries et de circuits. Le Projet OCDE/AEN d'échange de données sur les ruptures de tuyauteries (OPDE), lancé en 2002, fournit un retour d'expérience systématique sur la réglementation des réacteurs et les programmes de R-D portant sur les contrôles non destructifs, les programmes d'inspection en service, les évaluations de la fuite avant rupture, l'optimisation des stratégies d'inspection en service basée sur la notion de risque et les applications des études probabilistes de sûreté (EPS) à la fiabilité de composants passifs.

Le projet OPDE concerne les composants de tuyauteries métalliques représentatifs du circuit primaire, des systèmes de sauvegarde et de sûreté ainsi que les circuits auxiliaires (composants appartenant aux classes 1, 2 et 3 du Code de l'ASME ou

équivalents). Il inclut également les tuyauteries non classées de « sûreté » dont la fuite pourrait provoquer des événements initiateurs de cause commune tels que l'inondation de parties vitales de la centrale. Les types de dégradation ou de défaillance concernés sont les défaillances en service, l'amincissement de la paroi interne des tuyauteries et des fissurations non traversantes ainsi que des brèches de l'enveloppe sous pression allant des plus petites (trous d'épingles) à des défaillances structurales importantes (brèches ou ruptures de tuyauterie). En d'autres termes, la base de données OPDE recouvre la dégradation et la défaillance de tuyauteries de haute et moyenne énergie ainsi que de tuyauteries classées de sûreté ou non.

En juin 2009, cette base contenait près de 3 600 enregistrements sur des défaillances de tuyauteries survenues dans 321 centrales nucléaires cumulant 8 300 années-réacteur. Environ la moitié de ces données concernent des REP, 44 % des REB et 4 % des réacteurs à eau lourde sous pression (CANDU). Le tableau ci-dessus récapitule le contenu de la base de données d'OPDE.



Une rupture de tuyauterie à Mihama 3, au Japon, en août 2004.

Projet de l'AEN sur la fissuration par corrosion sous contrainte et le vieillissement des câbles

Le projet SCAP de l'OCDE/AEN a été lancé en 2006 et financé par une contribution volontaire du Japon. Ce projet, qui doit s'achever en 2010, a pour objectifs de constituer une base de données complète ainsi qu'une base de connaissance sur la fissuration par corrosion sous contrainte et le vieillissement des câbles et d'évaluer les données de façon à en dégager des pratiques recommandables que pourraient adopter les autorités de sûreté et les exploitants pour améliorer la gestion du vieillissement.

La base de données SCC du projet SCAP porte sur la dégradation ou la défaillance de composants passifs par fissuration par CSC dans les centrales nucléaires des pays participants. Elle concerne les composants de l'enveloppe sous pression appartenant aux classes 1 et 2 du Code de l'ASME, les internes de la cuve du réacteur ainsi que d'autres composants ayant une grande importance pour l'exploitation, à l'exclusion des tubes de générateurs de vapeur. Les mécanismes qui suivent sont étudiés : fissuration intergranulaire par CSC d'aciers inoxydables austénitiques et de matériaux à base de nickel, fissuration par CSC sous irradiation, fissuration par CSC en milieu primaire et fissuration externe par CSC en milieu chloruré et fissuration transgranulaire par CSC.

La base de données de SCAP sur les câbles électriques ou optiques inclut les câbles des systèmes de sauvegarde (dont ceux qui participent au refroidissement de secours du cœur), les câbles

importants pour la sûreté (nécessaires pour éviter les accidents de dimensionnement et en atténuer les effets) et les câbles essentiels au fonctionnement de la centrale (câbles dont la défaillance pourrait provoquer l'arrêt du réacteur ou une baisse de puissance du réacteur). La base recouvre des câbles dont la tension atteint 15 kV ca et 500 V cc au maximum, ainsi que les câbles du contrôle commande. Cette base de données est conçue comme une aide pour les autorités de sûreté, propriétaires de centrales, exploitants et concepteurs lorsqu'ils doivent choisir les câbles adaptés à des environnements plus ou moins sévères et évaluer les performances des câbles actuels.

Les spécifications de fonctionnement de la base de données SCAP, le format et les consignes de codage des données ont été définis, et l'on se concentre actuellement sur l'alimentation de la base ainsi que sur une première évaluation des données recueillies à ce jour. Avec la base de connaissances et les pratiques exemplaires à établir, cette base constituera un outil à l'usage des pays membres qui souhaitent se doter de programmes adaptés de gestion du vieillissement. Le rapport final sur le projet doit paraître en 2010. Il décrira les bases techniques sur lesquelles seront élaborées des pratiques exemplaires destinées à faciliter le travail des autorités de sûreté dans le domaine de la fissuration par CSC et l'isolement des câbles. Un atelier de clôture est prévu en mai 2010 afin de présenter et de débattre des résultats du projet.

Autres aspects de la gestion du vieillissement

Au cours des dernières décennies, l'industrie nucléaire a pu observer la dégradation de nombreux composants du circuit primaire comme du circuit secondaire. Cette dégradation et les inspections associées, auxquelles sont venus s'ajouter des facteurs économiques et politiques, sont à l'origine d'une demande de programmes d'inspections en service plus efficaces et rentables permettant de s'assurer que les marges de sûreté sont respectées et que la dégradation prévue des composants ne peut provoquer de défaillance à l'origine d'accidents ni même d'arrêts non programmés ayant des effets négatifs sur la fiabilité de la production d'électricité. C'est dans ce contexte que les autorités de sûreté et les entreprises d'électricité de nombreux pays ont mis au point et appliqué des méthodes d'optimisation des stratégies d'inspection en service fondées sur la notion de risque (RI-ISI) de même que des exigences plus contraignantes pour démontrer le bon fonctionnement des systèmes de contrôles non destructifs employés pour inspecter

les composants des systèmes importants pour la sûreté qui sont exposés à plusieurs mécanismes de dégradation.

Le groupe IAGE a recueilli au moyen d'un questionnaire, puis compilé, des données sur les pratiques employées en matière de RI-ISI et sur leur état d'avancement dans les pays membres de l'AEN. Les résultats de cette enquête sont reproduits dans le document NEA/CSNI/R(2005)3. Pour compléter les informations techniques ainsi recueillies, le CSIN a organisé un atelier à Stockholm en Suède. Les communications présentées à cette occasion ont été publiées sous la référence NEA/CSNI/R(2004)9. Un rapport a été établi d'après les informations ainsi collectées et publié sous le titre *Status Report on Developments and Co-operation on Risk-informed In-service Inspection and Non-destructive Testing (NDT) Qualification in OECD/NEA Member Countries* (NEA/CSNI/R(2005)9).

Si l'on veut préserver l'intégrité des structures, il importe également de gérer le vieillissement de toutes les structures en béton qui assurent une fonction de sûreté. C'est la raison pour laquelle plusieurs programmes nationaux et internationaux ont été consacrés à l'étude des effets du vieillissement et des mécanismes possibles de ruine afin de mieux comprendre ces phénomènes.

Une série d'ateliers organisés sous les auspices du CSIN était destinée à répondre aux préoccupations des bureaux d'étude, des exploitants et des autorités de sûreté concernant le comportement des structures en béton des installations nucléaires. Elle fut l'occasion d'échanges d'informations et de bonnes pratiques entre responsables de centrales et de programmes nationaux et internationaux et a éclairé les décisions d'autres organisations internationales comme l'AIEA et la CE. Les thèmes choisis pour ces ateliers étaient la perte de la précontrainte [NEA/CSNI/R(97)9], les contrôles non destructifs du béton [NEA/CSNI/R(97)28], l'analyse des structures en béton dégradées par la méthode des éléments finis [NEA/CSNI/R(99)1], l'instrumentation [NEA/CSNI/R(2000)15] ainsi que la surveillance et les réparations [NEA/CSNI/R(2002)7].

En 2008, le groupe IAGE a parrainé un atelier sur la gestion du vieillissement de structures en béton de forte épaisseur, portant notamment sur les techniques d'inspection en service, de maintenance et de réparation, les méthodes d'instrumentation et les études de sûreté effectuées en prévision d'une prolongation de la durée de vie de la centrale. L'objectif était de présenter et d'étudier les techniques modernes d'évaluation de l'intégrité des

structures en béton et de recommander des domaines de recherche à approfondir. L'accent était mis sur les inspections en service effectuées en fonction des performances par des méthodes de contrôles non destructifs (impact-écho, ultrasons, radar haute fréquence) et sur l'instrumentation. Leurs domaines d'application ont été abondamment analysés. Dans le cadre des études de sûreté des installations effectuées en prévision de la prolongation de la durée de vie des installations, la question des programmes de gestion du vieillissement reposant sur une surveillance adaptée des structures a également été abordée. Les méthodes probabilistes employées dans les études de fiabilité structurale ont été également évoquées, et notamment les moyens de gérer de manière cohérente les évaluations des constructions civiles.

Pour terminer, le sous-groupe du IAGE qui se consacre au comportement sismique des composants et structures a participé à de nombreuses activités entreprises pour évaluer la sûreté sismique des centrales nucléaires. En 2008, il a publié un rapport qui fait la synthèse des conclusions et recommandations des ateliers consacrés à la caractérisation technique des signaux sismiques d'entrée, à la relation entre les données sismologiques et le génie parasismique et d'un atelier sur les calculs des mouvements sismiques d'entrée intégrant les résultats des études géologiques récentes. Ce sous-groupe a également organisé une réunion de spécialistes sur l'évaluation de l'aléa sismique et s'intéresse actuellement aux études des effets des séismes sur les composants métalliques détériorés. C'est dans ce contexte qu'il analyse les effets du séisme, survenu à Niigata-ken Chuestu-oki le 16 juillet 2007, sur la centrale de Kashiwazaki-Kariwa ainsi que ses implications pour les centrales nucléaires à travers le monde. ■

Le Forum sur la confiance des parties prenantes

par C. Pescatore*

Le Forum sur la confiance des parties prenantes (FSC) de l'AEN se réunit régulièrement pour permettre à ses participants de partager leur expérience sur la dimension sociétale de la gestion des déchets radioactifs. Il contribue à développer les connaissances sur le dialogue avec la société civile, à réfléchir sur l'amélioration des processus décisionnels et à rechercher les moyens de faire naître, au sein de la société, une confiance partagée, de susciter l'adhésion aux solutions de gestion et de les faire approuver. Ce forum réunit des opérateurs, des régulateurs, des chercheurs et des décideurs politiques de 16 pays.

Le FSC a récemment étudié comment communiquer sur la sûreté en utilisant des « analogues » (exemples tirés de la nature ou de constructions réalisées par l'homme), qui peuvent aider les parties prenantes à saisir et les autorités de sûreté à évaluer les solutions technologiques proposées pour les déchets radioactifs. Une session thématique du FSC a été consacrée, le 4 juin 2007, au recours à des analogues pour faciliter la compréhension et susciter la confiance dans les méthodes de gestion des déchets radioactifs et les dossiers de sûreté. Des études de cas ont été présentées par l'Espagne, la Finlande et la Suisse ainsi que par des projets communs internationaux (projets NANET et PAMINA de la CE). Il est impossible, par l'expérimentation, de parvenir à simuler la sûreté à long terme du stockage de déchets en formation géologique sur des durées de l'ordre de plusieurs siècles, millénaires et parfois plus. Les autorités de sûreté ont besoin de s'appuyer sur une démonstration technique pour évaluer les dispositifs proposés par les gestionnaires dans le dossier de sûreté officiel. Les responsables politiques ainsi

que les acteurs concernés au niveau local apprécient la possibilité de visualiser les solutions techniques. Dans les deux cas la démonstration peut augmenter la confiance dans la faisabilité de ces solutions. Il est possible, à titre d'illustration, de comparer les dommages produits dans une mine par un séisme aux dommages éventuels que ce séisme pourrait engendrer dans un stockage en formation géologique. Cet exemple qui correspond dans une large mesure aux techniques et aux modélisations qui seront appliquées dans un stockage en formation géologique sert d'analogie actuel. Il fournit, en tant que tel, des données très utiles pour la conception des structures souterraines et de leurs soutènements.

Parallèlement, le FSC a étudié « la dimension symbolique » de la gestion des déchets radioactifs. Le FSC souhaite réussir à mieux cerner les significations « symboliques » de ses actions (c'est-à-dire, qui peuvent être comprises par différents groupes au-delà de leur sens premier). Les valeurs et les normes, les connaissances et les croyances, l'identification au groupe, les traditions culturelles et l'intérêt personnel sont quelques exemples de facteurs profondément ancrés qui modèlent les perceptions et les interprétations. Les membres du FSC souhaitent que leurs comportements, leurs décisions et leurs écrits soient très en harmonie avec les valeurs sociétales qui doivent trouver leur expression concrète dans les projets de gestion des déchets. En prenant conscience d'autres dimensions du sens au-delà des définitions du dictionnaire et en reconnaissant que le dialogue n'est pas simplement façonné par des faits, il est possible de trouver des moyens d'établir des relations non conflictuelles et constructives entre les acteurs institutionnels et la société civile. Le 5 juin 2008, le FSC a consacré une session thématique à ce sujet. Le rapport suivant [NEA/RWM/FSC(2008)5/REV2] explique les concepts et comprend des exemples illustrant comment le sens attribué aux installations nucléaires a changé au cours des années. Notons, en particulier, la

* M. Claudio Pescatore (pescatore@nea.fr) est administrateur principal dans la Division de la protection radiologique et de la gestion des déchets radioactifs de l'AEN.



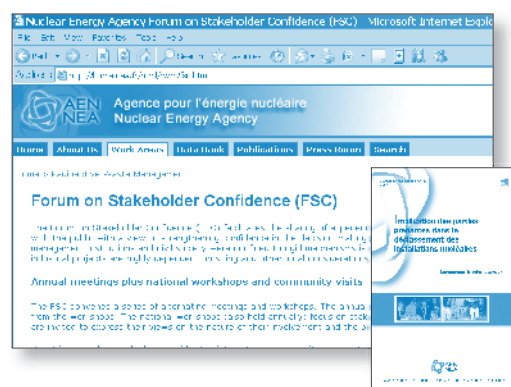
modification de l'image des installations de gestion des déchets que l'on observe lorsque des partenariats locaux sont instaurés entre les gestionnaires et les représentants de la société civile, avec pour mission de définir un concept socio-technique intégré.

Avec ses ateliers nationaux et ses visites de collectivités, le FSC permet à des parties prenantes de diverses origines de se rencontrer et de dialoguer dans une atmosphère de respect mutuel et de partage du savoir. Le 7^e Atelier du FSC s'est déroulé, au début d'avril 2009, dans l'Est de la France, dans la région de Meuse/Haute-Marne où se trouve le laboratoire souterrain de Bure (créé par une loi française pour effectuer des recherches sur les solutions de gestion des déchets radioactifs de haute activité et à vie longue par stockage en formation géologique). En 2006, le Parlement français a approuvé le principe de la construction d'un centre de stockage de déchets réversibles dont l'exploitation commencerait, sous réserve de son autorisation, en 2025. On procède actuellement à la sélection de l'emplacement exact de ce centre de stockage dans la région. L'atelier du FSC intitulé « *Repository Project and Territories* » a rassemblé les éventuelles collectivités hôtes afin de leur permettre d'échanger leurs points de vue avec les délégués internationaux sur les problèmes soulevés par un projet de ce genre. Quarante personnes, dont six maires et sept représentants municipaux, ont participé à cet atelier.

Une session a été consacrée à l'examen de l'évolution historique et du cadre national du programme français de gestion définitive des déchets radioactifs à vie longue et de haute et moyenne activité. Trois thèmes ont ensuite été étudiés en plus amples détails : l'information locale, la réversibilité, la surveillance environnementale et la mémoire à long terme des installations. Pour chacun de ces thèmes plusieurs exposés succincts représentant divers points de vue et sensibilités ont été présentés et ensuite examinés par tous les participants subdivisés en petits groupes.

L'atelier a reçu le concours du Comité local d'information et de suivi (CLIS), un acteur essentiel en France où il représente et informe l'ensemble de la société civile dans la région où l'installation définitive de stockage pourra être située. L'Andra, l'Agence nationale de gestion des déchets, qui est un membre permanent du Forum sur la confiance des parties prenantes, a également apporté son soutien logistique et financier.

L'AEN publiera prochainement les actes de l'atelier. Ces actes comporteront des résumés de tous les exposés des parties prenantes et les résultats des débats. Cette publication permettra de comparer les bonnes pratiques et de consigner l'évolution et les progrès réalisés à ce jour. Elle pourra être utilement diffusée en réponse aux questions posées sur des aspects du programme français de gestion des déchets radioactifs.



Les brochures et publications du FSC, y compris les actes des manifestations citées ci-dessus et le programme de l'atelier tenu en France, sont consultables en ligne à www.nea.fr/html/rwm/fsc.html. Ils intéresseront tous ceux qui étudient les décisions socio-techniques. ■

Nouvelles brèves

Le Forum des régulateurs du RWMC

par C. Pescatore*

Le Forum des régulateurs du Comité de la gestion des déchets radioactifs (RWMC-RF) de l'AEN réunit de hauts responsables des autorités de sûreté qui ont une connaissance étendue du cadre réglementaire applicable à la gestion des déchets radioactifs et au démantèlement des installations nucléaires des pays membres de l'AEN. Il leur offre une enceinte où débattre et échanger des informations sur leurs expériences et pratiques réglementaires nationales afin de perfectionner les régimes réglementaires en place. Le RWMC-RF sait combien il importe que s'instaurent des relations efficaces entre les autorités de sûreté, les gestionnaires de déchets, les décideurs politiques et les scientifiques si l'on veut parvenir à une compréhension plus vaste des différents aspects de notre responsabilité envers les générations actuelles et futures ainsi que des exigences de la société qui ont des incidences directes sur la façon dont ces autorités gèrent les matières et les déchets radioactifs.

Du 20 au 22 janvier 2009, le RWMC-RF a tenu le premier d'une série d'ateliers organisés dans un contexte international. Intitulé « Vers une réglementation transparente, proportionnée et réalisable du stockage géologique », cet atelier devait traiter, dans la perspective la plus large possible, tous les aspects de la mise en place d'une réglementation transparente, proportionnée et réalisable afin de garantir la sûreté à long terme. Par ailleurs, cet atelier devait aussi aider le RWMC-RF et ses partenaires à :

- examiner leurs positions réglementaires et les mettre à jour, notamment celles adoptées depuis l'atelier de Cordoue de 1997, et y intégrer les évolutions récentes et recommandations internationales ;
- enrichir leur connaissance du processus suivi pour définir des critères de sûreté à long terme et les principales causes de différences ;
- définir les domaines de convergence et/ou de divergence [par exemple, devoirs envers les générations futures, calendrier de réglementation, décision par étapes, rôles de l'optimisation et des meilleures techniques disponibles (MTD), raisonnements multiples, indicateurs de sûreté et de performance et leurs limites, prise en compte des incertitudes, importance des interactions entre les diverses parties prenantes, etc.] ;
- identifier les éléments d'un processus réussi de réglementation pour le long terme ;

- mener la première phase d'un projet du RWMC-RF destiné à étudier les besoins des régulateurs en recherche et développement sur des sujets réglementaires.

L'atelier était organisé à l'invitation du gouvernement du Japon, représenté par l'Agence de sûreté nucléaire et industrielle (NISA), en collaboration avec l'Organisation de sûreté nucléaire du Japon (JNES).

Les thèmes choisis pour l'atelier émanent d'activités du RWMC-RF dont les rapports intitulés *Réglementation de la sûreté à long terme du stockage géologique* (OCDE/AEN, 2007) et *Considering Timescales in the Post-closure Safety of Geological Disposal of Radioactive Waste* (OCDE/AEN, 2009). Afin de préparer cet atelier, le RWMC-RF avait sondé les pays pour connaître leur point de vue sur la réglementation. Les résultats de ce sondage étaient fournis avec les documents établis en prévision de l'atelier, qui comportaient notamment un bilan de la réglementation du stockage géologique établi depuis l'atelier de Cordoue et une récapitulation des recommandations relatives à l'optimisation des dépôts en formations géologiques. Quelque 70 participants de 13 pays étaient présents à cet atelier ainsi que des représentants de l'Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA) et de la Commission internationale de protection radiologique (CIPR).

Une série de questions bien ciblées ont permis d'amorcer un très large échange de vues entre participants qui représentaient non seulement les autorités de sûreté, mais également des gestionnaires d'installations de stockage, des décideurs de politique et des universitaires. La méthode adoptée favorisait les échanges en petits groupes, ce qui a permis à tous les participants de s'exprimer et de partager leur expérience avec leurs pairs. Les orateurs et participants présents à la séance de clôture avaient le sentiment que l'atelier avait atteint ses objectifs. Les actes de cet atelier devront être publiés courant 2009. Les résultats préliminaires peuvent être consultés dans le document NEA/RWM/RF(2009)1. ■

* M. Claudio Pescatore (pescatore@nea.fr) est administrateur principal dans la Division de la protection radiologique et de la gestion des déchets radioactifs de l'AEN.

Calculs des coûts de production de l'électricité : Quel rôle pour le nucléaire ?

par J.H. Keppler*

Crise ou pas crise, puisqu'il va falloir remplacer des centrales ayant atteint la fin de leur vie économique et répondre à une demande qui s'envole, globalement nous aurons besoin d'investir quelque USD 15 billions dans la production d'électricité au cours des 20 prochaines années. C'est là une somme considérable, même à l'échelle de l'économie mondiale. Or la décision de construire chacune de ces centrales devra être prise en fonction d'un ensemble de critères économiques, sociaux et environnementaux.

L'énergie nucléaire, le charbon, le gaz, l'hydraulique et les autres énergies renouvelables ont tous des avantages et des inconvénients qui varient selon les clients et les pays. Quel que soit le contexte local et national particulier toutefois, les coûts économiques et financiers seront souvent le critère déterminant. C'est pourquoi il est crucial de connaître le coût des différentes technologies de production d'électricité si l'on veut pouvoir se faire une idée de la composition du parc électrique dans les années qui viennent.

C'est dans cette optique que l'AEN, en collaboration avec l'Agence internationale de l'énergie (AIE), publie tous les cinq ans environ une mise à jour des coûts de la production d'électricité avec différentes technologies dans une série de pays membres de l'OCDE. La dernière de ces études a été publiée en 2005 sous le titre *Coûts prévisionnels de production de l'électricité* (CPPE). Ces études sont considérées depuis toujours comme des références très appréciées sur les coûts de la production d'électricité et d'ailleurs elles figurent régulièrement parmi les meilleures ventes tant de l'AEN que de l'AIE. Les préparatifs de la nouvelle édition du CPPE ont commencé début 2009.

La méthodologie employée pour évaluer les coûts des différentes technologies est celle du coût moyen actualisé sur la durée de vie de la centrale. Elle consiste à calculer, en appliquant un taux d'actualisation approprié, les coûts de production sur toute la durée de vie d'une centrale, pour une série d'hypothèses communes à toutes les technologies, et à diviser ce coût par la production, ce qui permet d'obtenir un chiffre parlant, le coût du MWh. Bien que ce chiffre ne permette assurément pas d'intégrer tous les aspects financiers pertinents des centrales, c'est pourtant un bon point de départ pour toute discussion concernant les investissements dans la production d'électricité. Les principales hypothèses employées sont la date de

mise en service (31 décembre 2015), la durée de vie de la centrale (40 ans, avec des études de sensibilité portant sur des durées plus longues) et le taux d'actualisation (de 5 et 10 %, là encore en effectuant des études de sensibilité sur des taux supplémentaires).

Si la méthodologie paraît relativement simple, sa mise en œuvre ne l'est pas dans la pratique. On n'achète pas une centrale comme n'importe quel bien de consommation. Sur une durée de vie de 40 ans, de nombreux paramètres tels que les prix du combustible, les taux d'actualisation, la planification des aléas, les rénovations, la gestion des déchets et le démantèlement doivent être évalués avec soin par tous les participants à l'étude. Pour la prochaine édition de l'étude, des représentants de la majorité des pays membres de l'AEN et de l'AIE travaillent aux côtés d'universitaires et d'industriels renommés. Sont venus les rejoindre également des spécialistes d'une sélection de pays non membres de l'OCDE.

Traditionnellement, l'énergie nucléaire obtient de bons résultats en termes de coûts moyens actualisés, en particulier là où les taux d'intérêt sont bas. Cet avantage peut néanmoins être nettement accru si l'on prend des hypothèses de durées de vie plus longues et si un prix est mis sur le carbone, par l'instauration de marchés du carbone ou l'imposition d'une taxe sur le carbone. En Europe, bien sûr, il existe déjà un système de tarification du carbone qui devrait également faire son apparition aux États-Unis. Financièrement parlant, l'inconvénient de l'énergie nucléaire reste son ratio élevé coûts fixes/coûts variables qui suppose un risque plus fort pour l'investisseur sur les marchés de l'électricité libéralisés, où les prix de l'électricité sont incertains.

Par ailleurs, en plus de la généralisation de la tarification du carbone, les nouveaux réacteurs de la génération 3+ que l'on prévoit de mettre en service en 2015 devraient encore améliorer la compétitivité de l'énergie nucléaire. La compétitivité des centrales nucléaires devrait ainsi s'accroître jusqu'à compenser l'inconvénient que représente la structure des coûts du nucléaire, même sur des marchés de l'électricité libéralisés. L'édition 2010 du CPPE montrera si c'est ou non le cas. ■

* M. Jan Horst Keppler (jan.keppler@oecd.org) est administrateur principal dans la Division du développement de l'énergie nucléaire de l'AEN.

Projets communs de l'AEN :

sûreté nucléaire, gestion des déchets

Les projets communs et programmes d'échange d'informations de l'AEN sont l'occasion pour les pays intéressés de réaliser des recherches ou de se communiquer des informations sur des disciplines ou des problèmes particuliers, en partageant les frais. Ces projets sont menés sous les auspices et avec l'assistance de l'AEN. On trouvera ci-dessous une description de tous les projets

Projet	Participants	Budget
<p>Programme CPD (Programme de coopération sur le démantèlement) Contact : patrick.osullivan@oecd.org Mandat actuel : janvier 2009-décembre 2013</p>	<p>Allemagne, Belgique, Canada, Espagne, France, Italie, Japon, République de Corée, République slovaque, Royaume-Uni, Suède, Taipei chinois</p>	<p>≈€ 66 K /an</p>
<p>Projet BIP (Projet sur le comportement de l'iode) Contact : jean.gauvain@oecd.org Mandat actuel : juillet 2007-juin 2010</p>	<p>Allemagne, Belgique, Canada, Espagne, États-Unis, Finlande, France, Japon, Pays-Bas, République de Corée, Royaume-Uni, Suède, Suisse</p>	<p>≈€ 350 K /an</p>
<p>Projet Cabri-Boucle à eau Contact : radomir.rehacek@oecd.org Mandat actuel : 2000-2010</p>	<p>Allemagne, Espagne, États-Unis, Finlande, France, Japon, République de Corée, République slovaque, République tchèque, Royaume-Uni, Suède, Suisse</p>	<p>≈€ 74 millions</p>
<p>Projet COMPSIS (Projet sur les systèmes informatisés importants pour la sûreté) Contact : jean.gauvain@oecd.org Mandat actuel : janvier 2008-décembre 2010</p>	<p>Allemagne, États-Unis, Finlande, Hongrie, République de Corée, Suède, Suisse, Taipei chinois</p>	<p>€ 80 K /an</p>
<p>Projet du réacteur de Halden Contact : radomir.rehacek@oecd.org Contact à Halden : Fridtjov.owre@hrp.no Mandat actuel : 2009-2011</p>	<p>Allemagne, Belgique, Danemark, Espagne, États-Unis, Fédération de Russie, Finlande, France, Hongrie, Japon, Kazakhstan, Norvège, République de Corée, République slovaque, République tchèque, Royaume-Uni, Suède, Suisse</p>	<p>≈€ 43 millions</p>
<p>Projet FIRE (Projet d'échange de données sur les incendies) Contact : jean.gauvain@oecd.org Mandat actuel : janvier 2006-décembre 2009</p>	<p>Allemagne, Canada, Espagne, États-Unis, Finlande, France, Japon, Pays-Bas, République de Corée, République tchèque, Suède, Suisse</p>	<p>≈€ 75 K /an</p>

chets radioactifs, radioprotection

communs de l'AEN en cours. Actuellement, 17 projets sont menés dans le secteur de la sûreté nucléaire, trois dans la gestion des déchets radioactifs et un sur la radioprotection. Ces projets étayent le programme de travail de l'AEN et contribuent à atteindre l'excellence dans chacun de ces secteurs de recherche.

Objectifs

- Organiser un échange d'informations scientifiques et techniques entre différents projets de démantèlement d'installations nucléaires.

- Fournir des résultats d'essais analytiques et des études de modélisation sur le comportement de l'iode dans une enceinte de réacteur après un accident grave.
- Fournir aux participants les données des trois essais réalisés dans l'installation RTF ainsi que leur interprétation en vue d'un usage coopératif de développement et de validation de modèles.
- Aboutir à une compréhension commune du comportement de l'iode et des autres produits de fission dans une enceinte de réacteur après un accident grave.

- Enrichir la base de données du comportement du combustible à haut taux de combustion lors des accidents de réactivité.
- Réaliser les essais nécessaires dans des conditions de refroidissement représentatives des conditions existant dans des réacteurs à eau sous pression (REP).
- Étendre la base de données pour inclure les résultats de tests réalisés au Réacteur de recherche pour la sûreté nucléaire (Japon) sur du combustible de REB et de REP.

- Définir un format et recueillir un retour d'expérience sur les pannes de logiciel et de matériel dans des systèmes informatisés importants pour la sûreté (appelés ci-après les « événements COMPSIS ») dans une base de données structurée sous assurance qualité.
- Recueillir et analyser ces événements COMPSIS sur une période suffisamment longue pour pouvoir mieux les comprendre et approfondir leurs causes et les moyens de les éviter.
- En tirer des enseignements qualitatifs sur les causes premières de ces événements et les principaux contributeurs pour pouvoir ensuite concevoir des méthodes ou mécanismes permettant de les éviter ou d'en atténuer les conséquences.
- Établir un mécanisme de retour d'expérience efficace sur les événements COMPSIS, y compris la conception de parades, telles que des diagnostics, des tests et des inspections.
- Archiver les propriétés de ces événements et les principaux contributeurs de façon à constituer la base à partir de laquelle il sera possible d'effectuer des études de risque au niveau national des systèmes informatisés.

Produire des informations essentielles pour les évaluations de la sûreté et l'instruction des demandes d'autorisations concernant :

- l'allongement des campagnes de combustible : fournir des données fondamentales sur le comportement du combustible, dans les conditions normales d'exploitation et lors des transitoires, en mettant l'accent sur l'utilisation prolongée du combustible dans les réacteurs commerciaux ;
- la dégradation des matériaux du cœur : améliorer notre connaissance du comportement des matériaux dans les centrales sous l'effet combiné de la chimie de l'eau et de l'environnement nucléaire, également utile pour les évaluations de la durée de vie des centrales ;
- systèmes homme-machine : faire progresser les systèmes informatiques de surveillance, les simulations, les informations numérisées, ainsi que l'étude des facteurs humains et des interactions homme-machine de façon à mettre au point des salles de commande plus perfectionnées.

- Recueillir, dans le cadre d'échanges internationaux et dans le format défini, des données d'expérience sur les incendies dans une base de données cohérente sous assurance qualité.
- Recueillir et analyser sur le long terme des données sur les incendies de façon à mieux comprendre de tels événements, leurs causes et les moyens de les éviter.
- Dégager des enseignements qualitatifs sur les causes premières des incendies afin de concevoir des méthodes ou mécanismes destinés à prévenir ces événements ou à en limiter les effets.
- Trouver un mécanisme efficace de retour d'expérience sur les incendies et mettre au point des parades, telles que des indicateurs destinés aux inspections fondées sur le risque.
- Enregistrer les caractéristiques des incidents pour faciliter les études de risque d'incendie, dont la quantification de leur fréquence.

sûreté nucléaire, gestion des déchets

Projet	Participants	Budget
<p>Projet ICDE (Projet international d'échange de données de défaillance de cause commune) Contact : jean.gauvain@oecd.org Mandat actuel : avril 2008-mars 2011</p>	Allemagne, Canada, Espagne, États-Unis, Finlande, France, Japon, République de Corée, Royaume-Uni, Suède, Suisse	≈€ 110 K /an
<p>Projet MCCI (Projet sur le refroidissement du corium et les interactions avec le béton) Contact : jean.gauvain@oecd.org Mandat actuel : avril 2006-décembre 2009</p>	Allemagne, Belgique, Espagne, États-Unis, Finlande, France, Hongrie, Japon, Norvège, République de Corée, République tchèque, Suède, Suisse	€ 3,4 millions
<p>Projet OPDE (Projet d'échange de données sur les ruptures de tuyauteries) Contact : alejandro.huerta@oecd.org Mandat actuel : juin 2008-mai 2011</p>	Allemagne, Canada, Espagne, États-Unis, Finlande, France, Japon, République de Corée, République tchèque, Suède, Suisse	≈€ 50 K /an
<p>Projet PKL-2 Contact : jean.gauvain@oecd.org Mandat actuel : avril 2008-septembre 2011</p>	Allemagne, Belgique, Espagne, États-Unis, Finlande, France, Hongrie, Italie, Japon, République de Corée, République tchèque, Royaume-Uni, Suède, Suisse	€ 3,9 millions
<p>Projet PRISME (Projet sur la propagation d'un incendie pour des scénarios multiloaux élémentaires) Contact : carlo.vitanza@oecd.org Mandat actuel : janvier 2006-décembre 2010</p>	Allemagne, Belgique, Canada, Espagne, États-Unis, Finlande, France, Japon, Pays-Bas, République de Corée, Royaume-Uni, Suède	€ 7 millions
<p>Projet ROSA (Rig of Safety Assessment) Contact : carlo.vitanza@oecd.org Mandat actuel : avril 2009-mars 2012</p>	Allemagne, Belgique, Espagne, États-Unis, Finlande, France, Hongrie, Japon, République de Corée, République tchèque, Royaume-Uni, Suède, Suisse	€ 2,1 millions
<p>Projet SCAP (Projet sur la fissuration par corrosion sous contrainte et le vieillissement des câbles) Contact : akihiro.yamamoto@oecd.org Mandat actuel : juin 2006-juin 2010</p>	Allemagne, Belgique, Canada, Espagne, États-Unis, Finlande, France, Japon, Mexique, Norvège, République de Corée, République slovaque, République tchèque, Suède, Ukraine	€ 480 K /an
<p>Projet SCIP (Projet Studsvik sur l'intégrité des gaines de combustible) Contact : carlo.vitanza@oecd.org Mandat actuel : juillet 2009-juin 2014</p>	Allemagne, Espagne, États-Unis, Finlande, France, Japon, République de Corée, République tchèque, Royaume-Uni, Suède, Suisse	€ 7 millions

chets radioactifs, radioprotection

Objectifs

- Fournir un cadre pour la coopération multinationale.
 - Recueillir et analyser les défaillances de cause commune sur le long terme, afin de mieux comprendre comment se déroulent ces événements, quelles sont leurs causes et comment les éviter.
 - Dégager des enseignements qualitatifs sur les causes premières de ces événements, dont on pourra ensuite déduire des approches et mécanismes permettant d'éviter ces événements ou d'en limiter les conséquences.
 - Mettre en place un mécanisme permettant un retour efficace de l'expérience acquise sur ces phénomènes, et adopter des parades, telles que des indicateurs destinés aux inspections fondées sur le risque.
 - Dégager des enseignements quantitatifs et enregistrer les caractéristiques de ces événements afin de faciliter le calcul de leur fréquence dans les pays membres.
 - Se servir des données recueillies pour estimer les paramètres des défaillances de cause commune.
- Procurer des données expérimentales sur les possibilités de refroidir le cœur fondu et sur ses interactions avec le béton lors d'accidents graves.
 - Résoudre deux problèmes importants pour la gestion des accidents :
 - vérifier que les débris fondus répandus à la base de l'enveloppe peuvent être stabilisés et refroidis en déversant de l'eau par le haut ;
 - étudier les interactions 2-D à long terme de la masse fondue avec la structure en béton de l'enveloppe, sachant que la cinétique de cette interaction est primordiale pour évaluer les conséquences d'un accident grave.
- Recueillir et analyser les données sur les ruptures de tuyauteries afin de mieux en comprendre les causes et les répercussions sur l'exploitation et la sûreté, et de les éviter.
 - Dégager des enseignements qualitatifs sur les causes premières de ces événements.
 - Trouver un mécanisme permettant un retour efficace de l'expérience acquise sur les ruptures de tuyauteries, et mettre en place des parades.
 - Recueillir des informations sur les caractéristiques de fiabilité des tuyauteries et les facteurs d'influence afin de faciliter le calcul de la fréquence des ruptures de tuyauteries, quand le demande le Groupe d'examen du projet.
- Étudier les questions de sûreté appropriées pour les centrales à réacteur à eau sous pression (REP) aussi bien que pour de nouveaux concepts de construction de REP.
 - Se pencher sur les mécanismes complexes de transfert thermique dans les générateurs de vapeur et les processus de précipitation de bore dans des situations hypothétiques d'accidents.
- Répondre à des questions qui se posent sur la propagation des fumées et de la chaleur à l'intérieur d'une installation en réalisant des expériences spécialement conçues pour valider des logiciels de calcul.
 - Fournir des informations sur le transfert de chaleur aux câbles et sur les dégâts faits aux câbles.
- Constituer une base de données d'expériences intégrales et analytiques afin de valider la capacité prédictive des codes et de vérifier la précision des modèles. Seront étudiés en particulier, des phénomènes couplés à des phénomènes de mélange multidimensionnel, de stratification, à des écoulements parallèles, oscillatoires et à des écoulements de gaz incondensables.
 - Préciser la capacité prédictive des codes employés aujourd'hui dans les analyses thermohydrauliques de sûreté ainsi que celle des codes avancés que l'on met au point aujourd'hui, et constituer ainsi un groupe de pays membres unis par le besoin de préserver et d'améliorer leurs compétences techniques en thermohydraulique pour les études de sûreté des réacteurs nucléaires.
- Établir deux bases de données exhaustives sur les principaux phénomènes de vieillissement pour la fissuration par corrosion sous contrainte (CSC) et pour la dégradation de l'isolation des câbles.
 - Établir une base de connaissances en collectant et évaluant systématiquement les données et les informations recueillies.
 - Réaliser une évaluation des données et identifier les bases pour des pratiques recommandées susceptibles d'aider les autorités de sûreté et les exploitants à améliorer la gestion du vieillissement.
- Évaluer les propriétés des matériaux et déterminer les conditions susceptibles d'entraîner la rupture du combustible.
 - Approfondir la connaissance générale de la fiabilité du gainage à des taux de combustion élevés grâce à des études avancées des phénomènes et mécanismes susceptibles d'entraîner une dégradation de l'intégrité du combustible pendant son utilisation dans les centrales nucléaires mais aussi pendant sa manipulation, son entreposage ou son stockage.
 - Obtenir des résultats d'application générale (en d'autres termes indépendants de la conception du combustible, des spécifications de fabrication et des conditions de fonctionnement).
 - Traiter les problèmes posés par l'APRP par des essais hors pile.

sûreté nucléaire, gestion des déchets

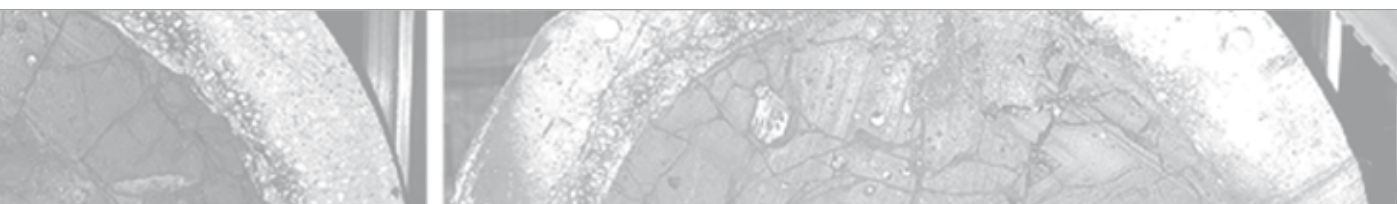
Projet	Participants	Budget
<p>Projet SERENA (<i>Steam Explosion Resolution for Nuclear Applications</i>) Contact : jean.gauvain@oecd.org Mandat actuel : octobre 2007-septembre 2011</p>	Allemagne, Canada, États-Unis, Finlande, France, Japon, République de Corée, Slovénie, Suède, Suisse	€ 2,6 millions
<p>Projet SETH-2 (<i>Projet SESAR thermohydraulique</i>) Contact : jean.gauvain@oecd.org Mandat actuel : mars 2007-décembre 2010</p>	Allemagne, Finlande, France, Japon, République de Corée, République tchèque, Slovénie, Suède, Suisse	€ 2,5 millions
<p>Projet SFP (<i>Sandia Fuel Project</i>) Contact : carlo.vitanza@oecd.org Mandat actuel : juin 2009-juin 2012</p>	Allemagne, Espagne, États-Unis, France, Hongrie, Japon, Norvège, République de Corée, République tchèque, Royaume-Uni, Suède, Suisse	€ 4 millions
<p>Projet Sorption-3 Contact : patrick.osullivan@oecd.org Mandat actuel : novembre 2007-avril 2010</p>	Allemagne, Australie, Belgique, Espagne, États-Unis, Finlande, France, Japon, Suisse, République de Corée, République tchèque, Royaume-Uni	€ 170 K /an
<p>Projet TDB (Projet de base de données thermodynamiques sur les espèces chimiques) Contact : mireille.defranceschi@oecd.org Mandat actuel : 2008-2012</p>	Allemagne, Belgique, Canada, Espagne, États-Unis, Finlande, France, Japon, République de Corée, République tchèque, Royaume-Uni, Suède, Suisse	≈€ 441 K /an
<p>Projet ThAI (Projet sur la thermohydraulique, l'hydrogène, les aérosols et l'iode) Contact : jean.gauvain@oecd.org Mandat actuel : janvier 2007-décembre 2009</p>	Allemagne, Canada, Finlande, France, Hongrie, Pays-Bas, République de Corée, République tchèque, Suisse	€ 930 K /an
<p>Système ISOE (Système d'information sur la radioexposition professionnelle) Contact : brian.ahier@oecd.org Mandat actuel : 2008-2011</p>	Afrique du Sud, Allemagne, Arménie, Belgique, Brésil, Bulgarie, Canada, Chine, Espagne, États-Unis, Fédération de Russie, Finlande, France, Hongrie, Italie, Japon, Lituanie, Mexique, Pakistan, Pays-Bas, République de Corée, République slovaque, République tchèque, Roumanie, Royaume-Uni, Slovénie, Suède, Suisse	≈ € 450 K /an



chets radioactifs, radioprotection

Objectifs

- Recueillir des données expérimentales permettant de clarifier le comportement de coriums fondus proches de la réalité en présence d'une explosion.
 - Recueillir des données expérimentales pour valider les modèles d'explosion sur des matériaux proches de la réalité, y compris la distribution spatiale du combustible et des vides dans la phase de pré-mélange et au moment de l'explosion ainsi que la dynamique de l'explosion.
 - Recueillir des données expérimentales sur les explosions de vapeur dans des situations plus réalistes, proches de celles qui existeraient dans un réacteur afin de vérifier les capacités d'extrapolation géométrique des codes.
- Produire des données expérimentales de haute qualité qui seront utilisées pour améliorer la modélisation et la validation des codes de calcul de dynamique des fluides discrétisés et OD destinés à la prédiction des conditions thermohydrauliques post-accidentelles dans l'enceinte (pour les conceptions courantes ou avancées de réacteurs).
 - Traiter un grand nombre de paramètres mesurés, de configurations et d'échelles afin d'améliorer la valeur des données pour l'application des codes.
 - Étudier les phénomènes pertinents pour l'enceinte et les effets séparés, y compris l'effet des jets, de la convection naturelle, des échangeurs pour l'enceinte et de l'aspersion.
- Étudier les conditions accidentelles et procéder à une caractérisation thermohydraulique très détaillée de maquettes de longueur réelle d'assemblages combustibles d'un réacteur de puissance à eau sous pression (REP).
 - Fournir les données nécessaires à la validation directe des codes utilisés.
 - Traiter l'applicabilité à des combustibles de conception différente, en considérant que les données pour les REB seront disponibles pour les participants au projet.
- Démontrer le potentiel des modèles thermo-dynamiques de sorption afin d'améliorer la confiance dans la représentation de sorption de radionucléides dans le contexte du stockage des déchets radioactifs.
- Constituer une base de données qui :
- contienne des données sur tous les éléments pertinents d'expérience pour les systèmes de dépôts de déchets radioactifs ;
 - explique pourquoi et comment les données ont été choisies ;
 - contienne des recommandations établies d'après des données originales plutôt que des compilations et des estimations ;
 - spécifie les sources des données expérimentales utilisées ;
 - ait une cohérence interne ;
 - porte sur toutes les espèces solides et aqueuses des éléments présentant un intérêt pour les évaluations des performances des stockages de déchets.
- Traiter les questions essentielles concernant le comportement de l'hydrogène (combustion et élimination à l'aide de recombineurs), de l'iode et des aérosols (dépôt sur les parois, lessivage et interaction) en conditions d'accident grave.
 - Améliorer la compréhension des processus respectifs pour évaluer les menaces sur l'intégrité du confinement (hydrogène) et pour évaluer la quantité de radioactivité en suspension dans l'atmosphère durant un accident avec dégradation du cœur (iode et aérosols).
 - Produire des données pour l'évaluation de la répartition spatiale de l'hydrogène dans l'enceinte, son élimination effective par le biais d'équipements tels que des recombineurs passifs autocatalytiques ou la combustion lente de l'hydrogène.
- Recueillir, analyser et échanger des données sur l'exposition et sur les expériences de tous les participants.
 - Fournir des informations générales, régulièrement mises à jour, sur les méthodes employées pour améliorer la protection des travailleurs et sur la radioexposition professionnelle dans les centrales nucléaires.
 - Constituer un mécanisme de diffusion de l'information, d'évaluation et d'analyse des données recueillies sur ces sujets et des échanges d'expérience, et ainsi contribuer à l'optimisation de la protection radiologique.



Nécrologie

M. Howard K. Shapar, Directeur général de l'AEN de 1982 à 1988



M. Howard K. Shapar, auparavant Directeur juridique de la *Nuclear Regulatory Commission* (NRC) et ancien Directeur général de l'AEN est décédé le 15 mars 2009 à Chevy Chase, au Maryland. Il était âgé de 85 ans.

M. Shapar est sorti major de sa promotion de l'*Amherst College* en 1947 et a obtenu un diplôme de la faculté de droit de Yale en 1950. Recruté à l'*Atomic Energy Commission* (AEC) à Los Alamos, Nouveau-Mexique, il a déménagé à Washington en 1962 où il avait été nommé *Assistant General Counsel for Licensing and Regulation* à l'PAEC. À ce poste, il a été un des principaux artisans de la création, dans les années 1970, d'une autorité de sûreté indépendante en rédigeant la législation qui opéra la scission de l'AEC en deux instances nouvelles, l'*Energy Research and Development Administration* et la NRC. Il est ensuite devenu Directeur juridique de la NRC. En 1982, il a été nommé Directeur général de l'AEN, poste qu'il a occupé jusqu'en 1988. De retour à Washington, il a travaillé pour Shaw Pittman, un prestigieux cabinet de droit nucléaire et pour le *Washington International Energy Group*. Il est entré chez Egan, Fitzpatrick et Malsch en 2001 et a pris sa retraite en 2003. La NRC lui a décerné la *Distinguished Service Award*. M. Shapar a fondé l'Association internationale du droit nucléaire qu'il a également présidée.

Il laisse derrière lui sa femme Henriette A.E. van Gerrevinck Shapar, avec qui il a partagé sa vie pendant 31 ans, et deux enfants de son premier mariage, Kristina et Stephen Shapar.

M. Kunihiro Uematsu, Directeur général de l'AEN de 1988 à 1995

M. Kunihiro Uematsu, consultant auprès du *Japan Atomic Industrial Forum* (JAIF) et ancien Directeur général de l'AEN est décédé à Tokyo le 28 avril 2009 à l'âge de 77 ans.

M. Uematsu a obtenu son doctorat au *Massachusetts Institute of Technology* en 1961. Il a été ensuite recruté par la *Nuclear Fuel Corporation* qui a précédé la *Power Reactor and Nuclear Fuel Development Corporation* (PNC) dont il a été Vice-président de 1996 à 1998. De 1988 à 1995, il a occupé le poste de Directeur général de l'AEN. Il a été membre du Groupe consultatif permanent sur l'énergie nucléaire de l'Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA) de 2000 à 2006 et a rejoint le *Nuclear Energy Advisory Committee* (NEAC) du *Department of Energy* (DOE) des États-Unis en 2008. En 2007, il a été nommé par le gouvernement français Officier de l'Ordre national du Mérite.



MM. Shapar et Uematsu seront profondément regrettés par leurs familles, collègues et amis.

Nouvelles publications



Rapport annuel 2008

ISBN 978-92-64-99077-7. 52 pages. Gratuit : versions papier ou web.

Aspects économiques et techniques du cycle du combustible nucléaire

Questions stratégiques et politiques liées à la transition des systèmes nucléaires thermiques aux systèmes rapides

ISBN 978-92-64-06066-1. 92 pages. Prix : € 40, US\$ 54, £ 34, ¥ 5 000.

Le renouveau d'intérêt pour l'énergie nucléaire résultant des préoccupations causées par le changement climatique mondial et la sécurité d'approvisionnement, qui est susceptible d'entraîner une croissance notable de la production d'électricité nucléaire, rend plus attractifs les réacteurs à neutrons rapides fonctionnant en cycle fermé. La transition entre le parc actuel de réacteurs à neutrons thermiques et des systèmes à neutrons rapides demandera plusieurs décennies et d'importants efforts de RD-D. Cet ouvrage identifie et analyse les questions stratégiques et politiques clés posées par une telle transition et vise à assister les décideurs dans le choix des meilleures approches pour mettre en œuvre des scénarios de transition. Les sujets traités dans ce livre intéresseront les décideurs des gouvernements et de l'industrie nucléaire ainsi que les spécialistes de l'analyse des systèmes énergétiques nucléaires et des cycles du combustible avancés.

Sûreté et réglementation nucléaires

Avis techniques du CSIN – N° 10

Le rôle des facteurs humains et organisationnels dans les modifications des centrales nucléaires

ISBN 978-92-64-99069-2. 28 pages. Gratuit : versions papier ou web.

Il peut être nécessaire d'apporter des modifications à une centrale nucléaire pour diverses raisons : le vieillissement des systèmes, des structures et des composants de la centrale, l'obsolescence du matériel et des logiciels, le retour d'expérience et les possibilités d'améliorer la sûreté, la fiabilité ou les capacités de la centrale. Or, l'expérience a montré que des défaillances au niveau de la conception et/ou de la mise en œuvre des modifications pouvaient présenter des défis importants pour la sûreté des centrales. Elles peuvent également avoir une incidence non négligeable sur les résultats commerciaux de l'installation. C'est pourquoi, il importe que le processus de modification concrétise la prise en compte de l'impact possible des erreurs humaines et qu'il comporte des dispositions appropriées pour réduire au maximum l'éventualité de ces erreurs.

Dans ce contexte, le Comité sur la sûreté des installations nucléaires (CSIN) et son Groupe de travail sur les facteurs humains et organisationnels ont organisé, en 2003, un atelier international pour examiner le rôle des performances humaines et organisationnelles dans le processus de modification des centrales nucléaires. Cet avis

technique reflète le consensus des spécialistes des facteurs humains et organisationnels des pays membres de l'AEN sur les pratiques et approches recommandées en matière de modification des centrales nucléaires. Il examine les facteurs qui devraient être pris en compte au cours de l'élaboration d'un processus de modification et recense quelques-uns des enseignements tirés de l'application de ce processus. Cet avis technique devrait particulièrement intéresser les exploitants des centrales nucléaires ainsi que les autorités de sûreté nucléaire.

Avis techniques du CSIN - N° 11

Améliorer la maintenance des centrales nucléaires en optimisant les performances humaines et organisationnelles

ISBN 978-92-64-99071-5. 32 pages. Gratuit : versions papier ou web.

Les erreurs durant la maintenance et les essais périodiques contribuent de manière significative aux incidents dans les centrales. Ces erreurs peuvent ne pas toujours être mises en évidence par les essais post-maintenance et peuvent longtemps passer inaperçues jusqu'à ce que le système touché soit amené à fonctionner. Il importe donc que le processus de maintenance des centrales prenne en considération l'impact possible des erreurs humaines et organisationnelles et qu'il comporte des mesures adaptées pour réduire au minimum ces erreurs.

Le Comité sur la sûreté des installations nucléaires (CSIN) de l'AEN et son Groupe de travail sur les facteurs humains et organisationnels ont organisé un atelier international pour analyser l'impact des facteurs humains et organisationnels sur la maintenance. Cet avis technique reflète le consensus des spécialistes des facteurs humains et organisationnels des pays membres de l'AEN sur des pratiques et approches conseillées pour réaliser les opérations de maintenance dans les centrales nucléaires. Il présente un système pour intégrer la prise en compte systématique des facteurs humains et organisationnels dans le processus de maintenance d'une centrale. Cet avis devrait particulièrement intéresser les autorités de sûreté nucléaire et les exploitants des centrales nucléaires.

Improving Nuclear Regulation

Compilation of NEA Regulatory Guidance Booklets

ISBN 978-92-64-99075-3. 208 pages. Gratuit : versions papier ou web.

A common theme throughout the series of NEA regulatory guidance reports, or "green booklets", is the premise that the fundamental objective of all nuclear safety regulatory bodies is to ensure that nuclear facilities are operated at all times and later decommissioned in an acceptably safe manner. In meeting this objective the regulator must keep in mind that it is the operator that has responsibility for safely operating a nuclear facility; the role of the regulator is to oversee the operator's activities as related to assuming that responsibility.

For the first time, the full series of these reports have been brought together in one edition. As such, it is intended to serve as a knowledge management tool both for current regulators and the younger generation of nuclear experts entering the regulatory field. While the audience for this publication is primarily nuclear regulators, the information and ideas may also be of interest to nuclear operators, other nuclear industry organisations and the general public.

 = En anglais seulement

Radioprotection

La contribution de l'AEN à l'évolution du système international de protection radiologique

ISBN 978-92-64-99081-4. 128 pages. Gratuit : versions papier ou web.

Depuis que la Commission internationale de protection radiologique (CIPR) a lancé en 1999 une réflexion collective sur le système de protection radiologique, le Comité de protection radiologique et de santé publique (CRPPH) de l'AEN y a activement contribué par la communication de ses observations et ses points de vue. Les travaux du Comité dans ce domaine ont fait l'objet de huit rapports de groupes d'experts, de sept conférences internationales et de quatre revues critiques approfondies des différentes versions des futures recommandations de la CIPR. Le présent rapport récapitule par ordre chronologique les sujets, points de vue et motifs de préoccupation évoqués par le CRPPH à mesure que la CIPR élaborait les différents projets de ses nouvelles recommandations (parues

en décembre 2007 en tant que Publication 103 de la CIPR), ainsi que les réactions de la Commission telles qu'elles transparaissent des versions qui se suivent. Cette synthèse présente l'intérêt non seulement d'aider le lecteur à comprendre les thématiques et concepts propres aux nouvelles recommandations, mais aussi pourquoi et comment ont vu le jour les modifications faites aux précédentes recommandations de la Publication 60.

Occupational Exposures at Nuclear Power Plants ^{vo}

Seventeenth Annual Report of the ISOE Programme, 2007

ISBN 978-92-64-99082-1. 120 pages. Gratuit : versions papier ou web.

The Information System on Occupational Exposure (ISOE) 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. ISOE provides experts in occupational radiological protection with a forum for communication and exchange of experience.

The programme includes 71 participating utilities in 29 countries (334 operating units and 45 shutdown units), as well as the regulatory authorities of 25 countries. The ISOE database, annual symposia and ISOE Network website facilitate the exchange of operational experience and lessons learnt among participants. The Seventeenth Annual Report of the ISOE Programme summarises occupational exposure data trends and ISOE achievements made during 2007. Principal developments in ISOE participating countries are also described. ISOE is jointly sponsored by the OECD Nuclear Energy Agency and the International Atomic Energy Agency (IAEA).

Rapport de synthèse sur la conférence du 50^e anniversaire du CRPPH

Comité de protection radiologique et de santé publique (CRPPH), 31 mai 2007

ISBN 978-92-64-99079-1. 48 pages. Gratuit : versions papier ou web.

Le Comité de protection radiologique et de santé publique (CRPPH) de l'AEN a célébré son 50^e anniversaire en mai 2007. Mettant à profit l'expérience accumulée en un demi-siècle, le Comité a saisi cette occasion pour déterminer quels seront, dans les 50 prochaines années, les grands enjeux de la politique et de la réglementation en matière de radioprotection et de leur application. Ce rapport résume les contributions et les analyses des responsables de haut niveau des autorités de sûreté et des organisations internationales de radioprotection qui ont participé à l'événement et ont donné leurs points de vue sur la meilleure façon dont les spécialistes de radioprotection peuvent ensemble relever ces nouveaux défis.

今日の世界における放射線防護：持続可能性に向けて

Version japonaise de *La radioprotection aujourd'hui et la voie du développement durable*

ISBN 978-92-64-99063-0. 72 pages. Gratuit : versions papier ou web.

Gestion des déchets radioactifs

Considering Timescales in the Post-closure Safety of Geological Disposal of Radioactive Waste ^{vo}

ISBN 978-92-64-06058-6. 160 pages. Prix : € 40, US\$ 54, £ 34, ¥ 5 000.

A key challenge in the development of safety cases for the deep geological disposal of radioactive waste is handling the long time frame over which the radioactive waste remains hazardous. The intrinsic hazard of the waste decreases with time, but some hazard remains for extremely long periods. Safety cases for geological disposal typically address performance and protection for thousands to millions of years into the future. Over such periods, a wide range of events and processes operating over many different timescales may impact on a repository and its environment. Uncertainties in the predictability of such factors increase with time, making it increasingly difficult to provide definite assurances of a repository's performance and the protection it may provide over longer timescales. Timescales, the level of protection and the assurance of safety are all linked.

Approaches to handling timescales for the geological disposal of radioactive waste are influenced by ethical principles, the evolution of the hazard over time, uncertainties in the evolution of the disposal system (and how these uncertainties themselves evolve) and the stability and predictability of the geological environment. Conversely, the approach to handling timescales can affect aspects of repository planning and implementation including regulatory requirements, siting decisions, repository design, the development and presentation of safety cases and the planning of pre- and post-closure institutional controls such as monitoring requirements. This is an area still under discussion among NEA member countries. This report reviews the current status and ongoing discussions of this issue.

Libération des matériaux et bâtiments radioactifs du contrôle réglementaire

Rapport de synthèse

ISBN 978-92-64-99062-3. 72 pages. Gratuit : versions papier ou web.

En radioprotection, on entend par « libération » la décision prise par l'autorité compétente de lever tous les contrôles réglementaires appliqués jusqu'alors aux matériaux et bâtiments radioactifs. Cette décision se fonde généralement sur l'hypothèse que, si la décision de libération a été prise, alors toute dose d'exposition éventuelle ne sera que négligeable. Ce concept de libération, aujourd'hui bien rodé, est utilisé pour gérer des matériaux radioactifs en grandes quantités (métaux, gravats, câbles, matières plastiques, etc.) mais aussi des bâtiments désaffectés qui étaient le siège d'une activité nucléaire contrôlée. On note toutefois des différences dans la manière de traiter la question de la libération dans la réglementation des différents pays ainsi que dans la mise en œuvre du concept suivant les projets de démantèlement. Ce rapport propose aux lecteurs les dernières informations disponibles sur les différentes approches nationales de la libération. Il est destiné plus particulièrement à tous ceux qui s'appêtent à entreprendre une procédure de libération, par exemple pour le démantèlement d'une installation nucléaire.

Natural Tracer Profiles Across Argillaceous Formations: The CLAYTRAC Project

ISBN 978-92-64-06047-0. 364 pages. Prix : € 75, US\$ 101, £ 63, ¥ 3 900.

Disposal of high-level radioactive waste and spent nuclear fuel in engineered facilities, or repositories, located deep underground in suitable geological formations is being developed worldwide as the reference solution to protect humans and the environment both now and in the future. An important aspect of assessing the long-term safety of deep geological disposal is developing a comprehensive understanding of the geological environment in order to define the initial conditions for the disposal system as well as to provide a sound scientific basis for projecting its future evolution. The transport pathways and mechanisms by which contaminants could migrate in the surrounding host rock are key elements in any safety case. Relevant experiments in laboratories or underground test facilities can provide important information, but the challenge remains in being able to extrapolate the results to the spatial and temporal scales required for performance assessment, which are typically tens to hundreds of metres and from thousands to beyond a million years into the future. Profiles of natural tracers dissolved in pore water of argillaceous rock formations can be considered as large-scale and long-term natural experiments which enable the transport properties to be characterised.

The CLAYTRAC Project on Natural Tracer Profiles Across Argillaceous Formations was established by the NEA Clay Club to evaluate the relevance of natural tracer data in understanding past geological evolution and in confirming dominant transport processes. Data were analysed for nine sites to support scientific understanding and development of geological disposal. The outcomes of the project show that, for the sites and clay-rich formations that were studied, there is strong evidence that solute transport is controlled mainly by diffusion. The results can improve site understanding and performance assessment in the context of deep geological disposal and have the potential to be applied to other sites and contexts.

Stability and Buffering Capacity of the Geosphere for Long-term Isolation of Radioactive Waste: Application to Crystalline Rock

Workshop Proceedings, Manchester, United Kingdom, 13-15 November 2007

ISBN 978-92-64-06056-2. 304 pages. Prix : € 65, US\$ 87, £ 55, ¥ 8 100.

Geological settings selected as potential host formations for the deep geological disposal of radioactive waste are chosen for, among other assets, their long-term stability and buffering capacity against disruptive or

destabilising events and processes. The NEA Integration Group for the Safety Case organised a workshop on geosphere stability to develop a better understanding of the scientific evidence and arguments that contribute to confidence in the geological stability for deep geological disposal.

These proceedings present the outcomes of a geosphere stability workshop, held in November 2007, that focused on crystalline and other types of hard, fractured rocks. The workshop underscored the fact that many such rocks are intrinsically stable environments that evolve extremely slowly and provide good buffering against external events and processes. There is a good understanding of the processes and events that can affect crystalline rocks and, although there is less confidence in predicting exactly when and where such events will occur and the volume of rock that will be affected, the extent of the impacts on a geological repository can be confidently addressed using bounding approaches supported by geological information from similar sites around the world.

Législation nucléaire

Bulletin de droit nucléaire

ISSN 0304-3428. Abonnement 2009 : € 114, US\$ 150, £ 79, ¥ 16 500.

Considéré comme l'ouvrage de référence en la matière, le *Bulletin de droit nucléaire* est une publication internationale unique en son genre où juristes et universitaires peuvent trouver une information à jour sur l'évolution de ce droit. Publié deux fois par an en anglais et en français, il rend compte du développement des législations dans une soixantaine de pays. Il tient le lecteur informé de la jurisprudence, des décisions administratives, des accords internationaux et des activités réglementaires des organisations internationales, dans le domaine de l'énergie nucléaire.

Sciences nucléaires et Banque de données

Chemical Thermodynamics of Thorium - Volume 11

ISBN 978-92-64-05667-1. 942 pages. Prix : € 175, US\$ 248, £ 136, ¥ 26 200.

This volume is the eleventh in the OECD Nuclear Energy Agency (NEA) "Chemical Thermodynamics" series. It is based on a critical review of the thermodynamic properties of thorium, its solid compounds and aqueous complexes, initiated as part of the NEA Thermochemical Database Project Phase III (TDB III). The database system developed at the OECD/NEA Data Bank ensures consistency not only within the recommended data sets of thorium, but also amongst all the data sets published in the series. This volume will be of particular interest to scientists carrying out performance assessments of deep geological disposal sites for radioactive waste.

Mobile Fission and Activation Products in Nuclear Waste Disposal

Workshop Proceedings, La Baule, France, 16-19 January 2007

ISBN 978-92-64-99072-2. 264 pages. Gratuit : versions papier ou web.

Most experts worldwide agree that disposal of spent nuclear fuel in appropriate formations deep underground provides a suitable option. Most public discussions about these underground repositories concentrate on the radiological hazard associated with the potential leak of actinides to the biosphere. However, the radiotoxicity of the fission products dominates the total radiotoxicity of the spent nuclear fuel during the first 100 years. Thereafter, their radiotoxicity diminishes and the long-term radiotoxicity becomes dominated by the actinides, mainly by the plutonium and americium isotopes.

The aim of the international workshop on Mobile Fission and Activation Products in Nuclear Waste Disposal, MOFAP07, was to review and to identify the needs for further studies on the transport and chemical behaviour of fission products in the geosphere for the safety assessment of radioactive waste repositories. These proceedings contain 22 peer-reviewed papers from the workshop, which should be of particular interest to professionals in the radioactive waste management field.

Nuclear Fuel Cycle Transition Scenario Studies

Status Report

ISBN 978-92-64-99068-5. 124 pages. Gratuit : versions papier ou web.

Future nuclear fuel cycles could effectively address radioactive waste issues with the implementation of partitioning and transmutation (P&T). Previous studies have defined the infrastructure requirements for several key technical approaches. While these studies have proven extremely valuable, several countries have also recognised the complex, dynamic nature of the infrastructure problem: severe new issues arise when attempting to transit from current open or partially closed cycles to a final equilibrium or burn-down mode. While the issues are country-specific when addressed in detail, it is believed that there exists a series of generic issues related only to the current situation and to the desired end point. These issues are critical to implementing a sustainable nuclear energy infrastructure. The present report focuses on the definition of key issues, the assessment of technologies and national scenario assessments.

PENELOPE-2008: A Code System for Monte Carlo Simulation of Electron and Photon Transport

Workshop Proceedings, Barcelona, Spain, 30 June-3 July 2008

ISBN 978-92-64-99066-1. 336 pages. Gratuit : versions papier ou web.

Radiation is used in many applications of modern technology. However, its proper handling requires competent knowledge of the basic physical laws governing its interaction with matter. To ensure its safe use, appropriate tools for predicting radiation fields and doses, and subsequently establishing pertinent regulations, are required. One area of radiation physics that has received much attention concerns electron-photon transport in matter. PENELOPE is a modern, general-purpose Monte Carlo tool for simulating the transport of electrons and photons, which is applicable for arbitrary materials and in a wide energy range. PENELOPE provides quantitative guidance for many practical situations and techniques, including electron and X-ray spectroscopies, electron microscopy and microanalysis, biophysics, dosimetry, medical diagnostics and radiotherapy, and radiation damage and shielding. These proceedings contain the extensively revised teaching notes of the latest workshop/training course on PENELOPE (version 2008), along with a detailed description of the improved physics models, numerical algorithms and structure of the code system.

The JEFF-3.1.1 Nuclear Data Library

JEFF Report 22 - Validation Results from JEF-2.2 to JEFF-3.1.1

ISBN 978-92-64-99074-6. 62 pages. Gratuit : versions papier avec CD-ROM ou web.

The JEFF-3.1.1 library is an updated version of the JEFF-3.1 Joint Evaluated File for Fission and Fusion. It consists of sets of evaluated nuclear data for reactor applications. Reliable data of this sort are necessary to improve the safety and economy of existing installations, as well as for the design and efficient operation of advanced nuclear reactors. The improvements in this latest version of the JEFF-3.1.1 library are particularly noteworthy as regards light water reactor applications and the associated fuel cycle. The present report provides detailed information on the analysis and incremental validation process employed with regard to the JEF-2.2 library, which has provided the basis for the JEFF-3.1.1 library.

Où acheter les publications de l'AEN

En Amérique du Nord

OECD Publications
c/o Turpin Distribution
The Bleachery, 143 West Street
New Milford, CT 06776
États-Unis
Tél. : 1 (800) 456 6323
Fax : 1 (860) 350 0039
E-mail : oecdna@turpin-distribution.com

Dans le reste du monde

OECD Publications
c/o Turpin Distribution
Pegasus Drive, Stratton Business Park
Biggleswade, Bedfordshire
SG18 8QB, Royaume-Uni
Tél. : +44 (0) 1767 604960
Fax : +44 (0) 1767 601640
E-mail : oecdrow@turpin-distribution.com

Commande en ligne :
www.oecd.org/bookshop
 Paiement sécurisé par carte bancaire.

Où commander nos publications gratuites

Service des publications de l'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
E-mail : neapub@nea.fr

Visitez notre site internet : www.nea.fr



Les Éditions de l'OCDE, 2 rue André-Pascal, 75775 PARIS CEDEX 16
IMPRIMÉ EN FRANCE – ISSN 1605-959X

NEW 2009/2010

Commercial Nuclear Power Plant Wall Maps are now available!

The **Nuclear News** U.S. and Worldwide commercial nuclear power plant wall maps show the location of all plants that are operable, under construction, or ordered. Tabular information includes each reactor's net MWe, design type, date of commercial operation (actual or expected), and reactor supplier.



NEW—Red Stars on the updated U.S. map indicate the locations of 17 potential new nuclear plant projects—four of which have signed engineering, procurement, and construction contracts—for which combined construction and operating licenses have been submitted to the NRC. Also included is boxed information for each project, including the plant name, the city and state of the site, and the utility responsible.



ORDER INFORMATION

U.S. and World maps are just \$20 each, plus shipping (prepaid).

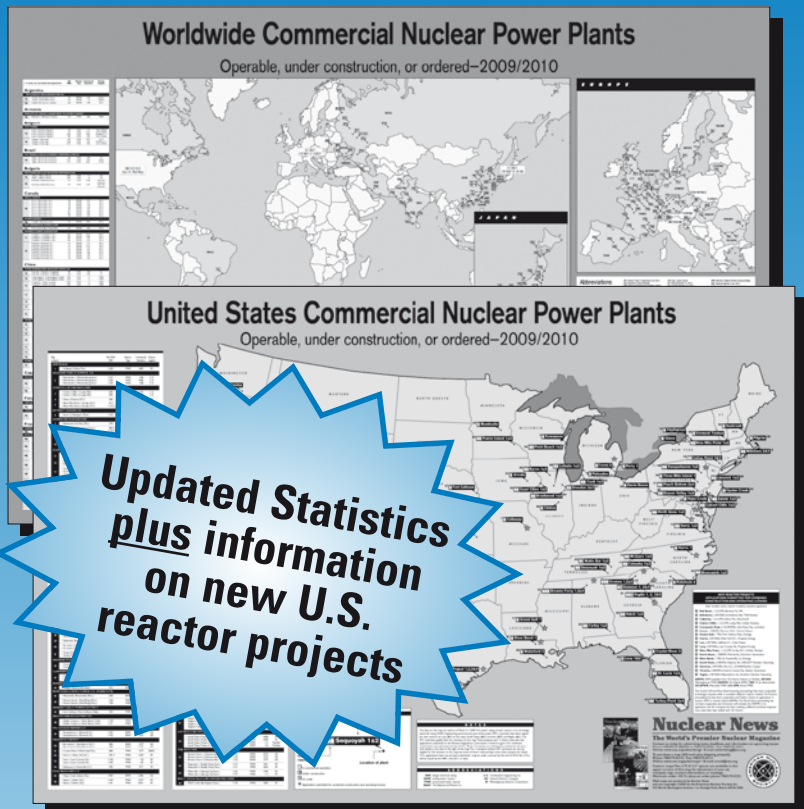
Combo order (one of each) is \$36, plus shipping (prepaid).

Contact: Sue Cook, ANS Accounting Department

Phone: 1-708-579-8210

Email: scook@ans.org

Online: www.ans.org/pubs/maps



Actual map dimensions:— 39.5" x 27" U.S. nuclear power plants are shown on the U.S. map only, not on the worldwide map. The data in these maps are valid as of March 31, 2009.

If you like the wall maps, then you'll love our T-Shirts. 2009/2010 U.S. nuclear power plant t-shirts are now available. Featuring new colors, data, and dimensions!



13" x 15" images on the front and back of the shirts show the location of all the plant sites in the United States (on the front) and the data for each plant and new reactor projects (on the back).

ADDITIONAL SHIPPING CHARGES

All maps are sent "rolled" (unfolded) mailed in shipping tubes.

Single Map Order

US Addresses (same map)		Non-US Addresses (same map)	
Quantity	\$ Cost	Quantity	\$ Cost
1-6	..12.00	1-6	..35.00
7-12	..17.00	7-12	..47.00
13-20	..20.00	13-20	..54.00
21-40	..24.00	21-40	..64.00
Over 40	..32.00	Over 40	..74.00

Combo Orders

US Addresses (one of each)		Non-US Addresses (one of each)	
Quantity	\$ Cost	Quantity	\$ Cost
1-3	..12.00	1-3	..35.00
4-6	..17.00	4-6	..47.00
7-10	..20.00	7-11	..54.00
11-20	..24.00	11-20	..64.00
Over 20	..32.00	Over 20	..74.00

To customize maps for your company, call 1-708-579-8225

Two 4.75" x 2.5" ad spaces (one in each upper corner) are available.

100 maps: \$1850

250 maps: \$2300

500 maps: \$3200

1000 maps: \$4500