



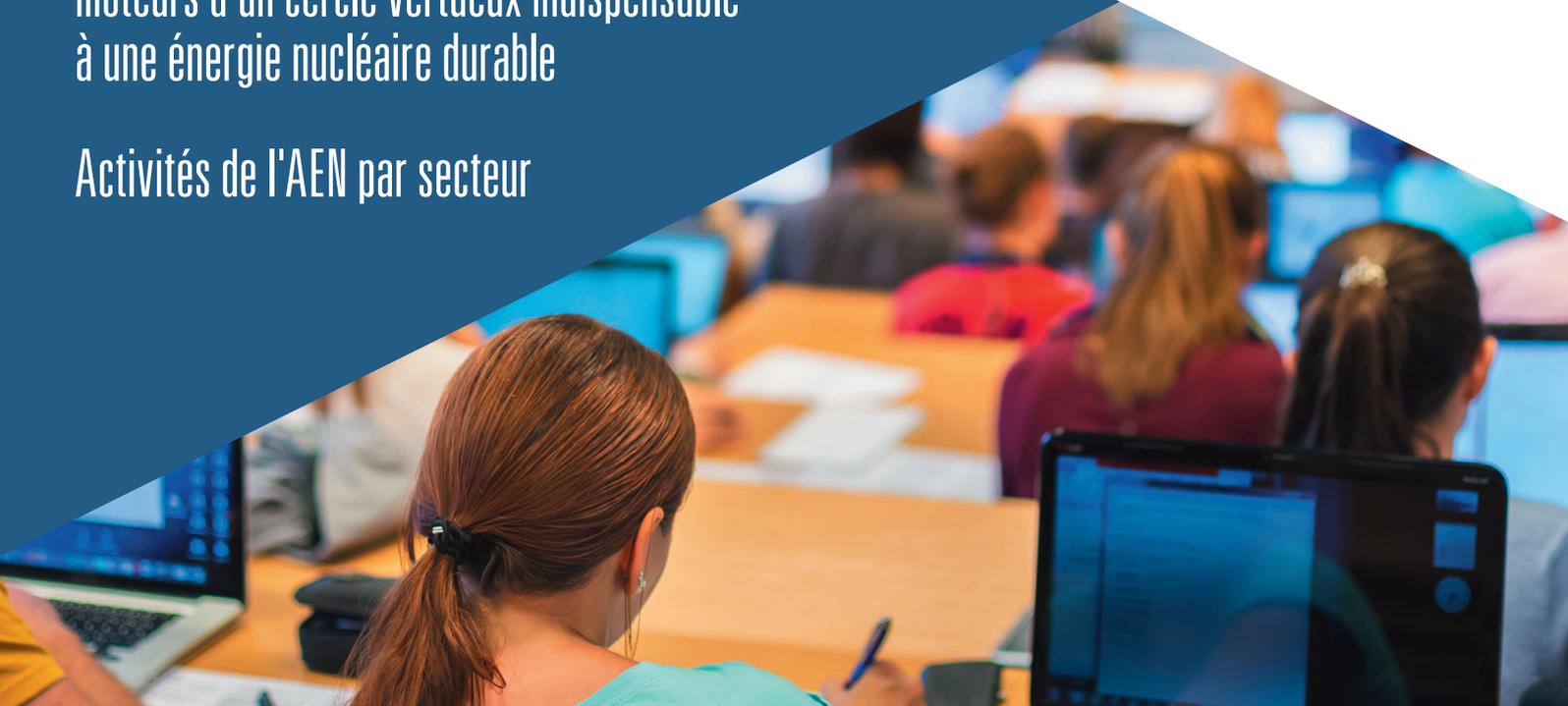
2017 AEN

Rapport annuel

L'énergie nucléaire en 2017

Innovation et éducation :
moteurs d'un cercle vertueux indispensable
à une énergie nucléaire durable

Activités de l'AEN par secteur



2017 AEN

Rapport annuel

L'AEN en bref – 2017

Instance dirigeante : le Comité de direction de l'énergie nucléaire



L'AEN et sa mission

L'Agence pour l'énergie nucléaire (AEN) est une institution semi-autonome au sein de l'Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE) qui a son siège aux portes de Paris, France. L'Agence a pour mission 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.

Table des matières

Message du Directeur général	5
Innovation et éducation : moteurs d'un cercle vertueux indispensable à une énergie nucléaire durable	6
La technologie nucléaire en 2017	12
Activités de l'AEN par secteur	
Développement de l'énergie nucléaire	23
Sûreté et réglementation nucléaires	29
Aspects humains de la sûreté nucléaire	43
Protection radiologique	46
Gestion des déchets radioactifs	49
Sciences nucléaires	53
Banque de données	57
Droit nucléaire	60
Informations générales	
Information et communication	62
Organisation de l'AEN	64
Comités de l'AEN en 2017	65
Organigramme de l'AEN en 2017	66
Publications et brochures de l'AEN parues en 2017	67



Le multilatéralisme nucléaire

Quand les deux premières générations de centrales nucléaires de puissance furent conçues puis construites, de nombreux pays considéraient les programmes nucléaires comme des entreprises nationales par essence. Les travaux furent en majeure partie réalisés pendant la Guerre froide et, de manière générale, le développement des compétences et des infrastructures se concentra initialement sur des technologies nucléaires dont les applications étaient à la fois militaires et civiles. La valeur stratégique de la technologie nucléaire étant ce qu'elle est, la recherche en la matière était abondamment financée et figurait parmi les priorités de nombreuses nations.

Les différentes démarches adoptées à l'échelon national ont abouti à la création de filières électronucléaires aussi différentes les unes des autres que les cultures qui les ont produites. Le réacteur à eau légère, conçu aux États-Unis pour équiper les sous-marins, a rapidement été adapté pour la production commerciale d'électricité. Au sortir de la Seconde Guerre mondiale, le Canada a quant à lui développé un savoir-faire en matière de réacteurs modérés à l'eau lourde, puis a construit des centrales CANDU. Le Royaume-Uni a conçu les réacteurs Magnox, modérés au graphite et refroidis au gaz, à des fins tant militaires que civiles et a poursuivi dans cette voie avec les réacteurs avancés refroidis au gaz qu'il utilise encore aujourd'hui. À la même époque, l'URSS concevait et construisait, aux mêmes fins, les réacteurs RBMK modérés au graphite et refroidis à l'eau.

Ces programmes nationaux ont produit une diversité qui, comme c'est généralement le cas dans les sociétés modernes et mondialisées (qu'il s'agisse des ordinateurs que nous utilisons ou des endroits où nous buvons notre café), a fortement diminué aujourd'hui. Si quelques pays prévoient de construire des réacteurs CANDU, le réacteur à eau légère est devenu la norme presque partout. Certes, de nombreuses variantes existent en Chine, en Corée, aux États-Unis, en Fédération de Russie, en France et en Inde, mais la technologie de base est essentiellement la même, avec des avantages et des défauts très similaires.

Si elle a réduit la diversité technologique, la mondialisation de l'énergie nucléaire a néanmoins des avantages. Les similitudes entre les différentes technologies permettent aux exploitants et aux autorités de sûreté à travers le monde d'échanger sur leurs expériences et leurs processus bien plus qu'ils ne pouvaient le faire auparavant. Les pays qui décident de construire des centrales nucléaires – qu'il s'agisse de pays expérimentés comme le Royaume-Uni ou de nouveaux entrants comme les Émirats arabes unis –, peuvent choisir parmi une vaste gamme de fournisseurs sans se préoccuper de savoir si la technologie est viable ou pas. Ils peuvent sélectionner celle qu'ils souhaitent sur des critères commerciaux, en sachant que des centaines d'années-réacteur d'exploitation apportent la démonstration de sa viabilité pour l'avenir.

En outre, les chaînes logistiques sont mondialisées, ce qui présente un intérêt pendant la construction comme pendant

l'exploitation. Alors que les centrales de première et deuxième générations ont souvent été construites en s'appuyant sur une chaîne logistique nationale, celles de troisième génération font appel à des fournisseurs de nombreux pays différents. Les très grandes fonderies et usines nécessaires à la fabrication des composants de grande taille comme les cuves sous pression et les générateurs de vapeur sont rares. Le nombre de centrales en construction actuellement dans la plupart des pays ne pourrait justifier le coût que représenterait la constitution de capacités nationales en la matière.

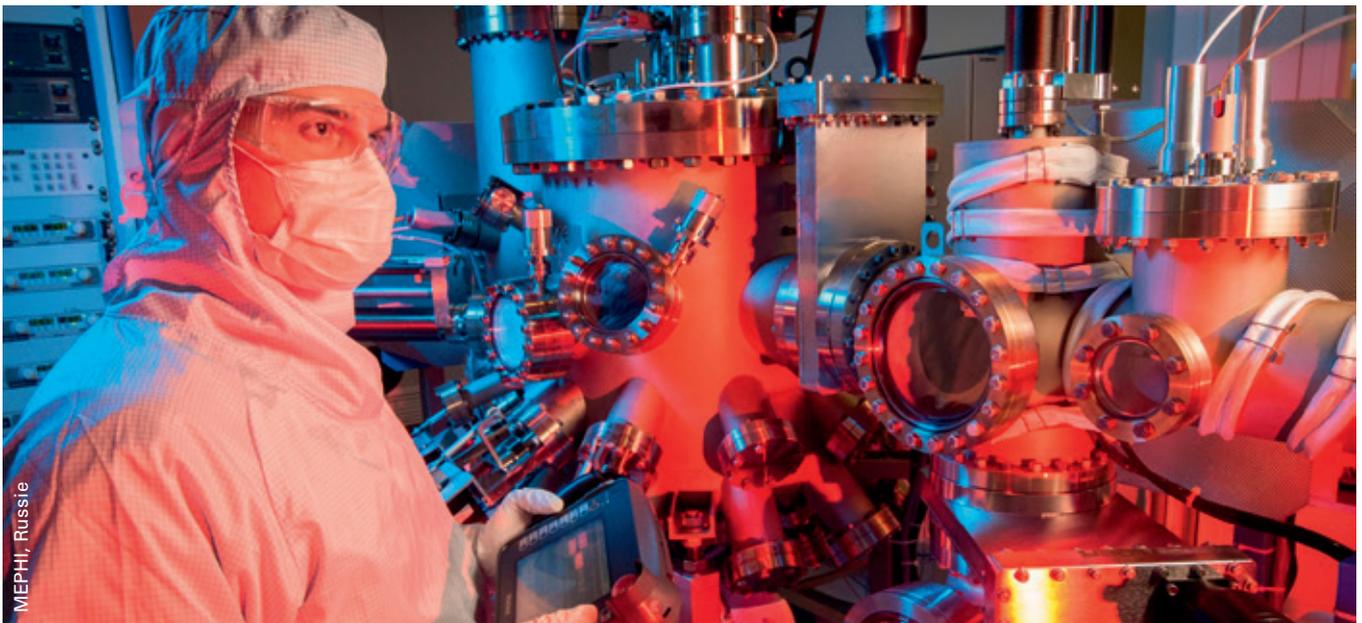
Ce phénomène de mondialisation s'étend désormais à la recherche-développement. Alors que la puissance publique a été le moteur du développement de l'énergie nucléaire pendant des décennies, c'est aujourd'hui aux entreprises commerciales de prendre le relais pour faire progresser la technologie. En effet, même dans les pays où les laboratoires publics sont engagés dans la recherche-développement, les capacités des institutions existantes ont diminué au fil du temps. De nos jours, rares sont les nations dotées de l'ensemble des installations d'expérimentation et d'essai nécessaires pour conduire les recherches qui permettront des avancées des technologies nucléaires. Ainsi, les seuls réacteurs d'essai à neutrons rapides du monde se trouvent en Russie. Les chercheurs dans les domaines des réacteurs de fission avancés et de la fusion nucléaire, entre autres, doivent voyager bien plus qu'auparavant pour réaliser des expériences pourtant indispensables. En outre, les coûts et la complexité associés au développement de technologies nucléaires encouragent chacun à réfléchir sérieusement à des collaborations pour mutualiser l'expertise et les coûts.

Si le besoin est présent, le cadre institutionnel et politique qui rendrait possible une recherche-développement mondialisée fait souvent défaut. Un atelier tenu en janvier 2018 sous les auspices de l'initiative Innovation nucléaire à l'horizon 2050 (NI2050) a souligné les problèmes associés au transport d'échantillons de combustible nucléaire d'un pays à un autre aux fins d'essais d'irradiation, ainsi que la complexité qui accompagne la caractérisation et la gestion appropriées des matériaux résultant de ces essais. Si le Programme multinational d'évaluation des conceptions (MDEP) a connu des succès remarquables, il ne constitue pas un cadre multinational d'octroi d'autorisations. Les codes et les normes concernant les composants nucléaires devraient converger, pourtant ils prolifèrent souvent.

L'énergie nucléaire a été bâtie sur des assises nationales solides, mais le paradigme de départ a profondément changé, si bien qu'elle relève aujourd'hui d'une entreprise multilatérale. À l'AEN, nous œuvrons pour identifier les barrières et les problèmes qui entravent l'efficacité de cette entreprise d'envergure internationale. La situation est délicate et la nécessité de trouver des solutions est d'autant plus grande. L'AEN travaille avec ses membres, rejoints en 2017 par l'Argentine et la Roumanie, pour faire advenir les conditions et les solutions multilatérales nécessaires pour que la technologie nucléaire demeure une option viable à long terme.

William D. Magwood, IV,
Directeur général, Agence pour l'énergie nucléaire

Innovation et éducation : moteurs d'un cercle vertueux indispensable à une énergie nucléaire durable



Centre de recherche « Nanocenter », formation à la méthode de dépôt par laser pulsé.

Depuis plus d'un siècle, les sociétés à travers le monde se sont développées grâce à l'électricité produite à partir de différentes sources. Dans un avenir proche, on s'attend à ce que cette forme d'énergie joue un rôle encore plus important. Pour assurer l'approvisionnement en électricité, entre autres énergies modernes, les politiques publiques doivent réaliser et préserver un juste équilibre entre trois facteurs : la protection de l'environnement – généralement en limitant les émissions de polluants dans l'atmosphère –, la sécurité et la fiabilité de l'approvisionnement, et l'économie – sur la base des coûts complets de production et de distribution et d'autres coûts externes.

Les pouvoirs publics ont donc la difficile tâche d'orienter l'évolution des portefeuilles énergétiques nationaux et mondiaux pour que, dans les décennies à venir, les sociétés parviennent à un meilleur équilibre entre les trois facteurs susmentionnés. Ils doivent y parvenir alors que l'avenir est très incertain. Dans de nombreux pays, la réglementation sur le CO₂ et la pollution de l'air change la donne pour les technologies reposant sur les énergies fossiles, ce qui a un impact sur les secteurs de l'électricité, du chauffage et des transports. Par ailleurs, la mise en œuvre rapide de technologies intermittentes renouvelables bouleverse les

marchés de l'électricité. Du fait de ces évolutions, comme la découverte de gaz naturel très bon marché dans certaines régions du monde, il est de plus en plus difficile d'anticiper les transformations.

Cependant, quelle que soit la forme que prendra l'avenir, aucun scénario ne permet d'atteindre tous les objectifs de la communauté internationale sans une contribution importante des technologies bas carbone appelables, dont l'énergie nucléaire.

L'édition 2015 de la feuille de route de l'AIE et de l'AEN (*Technology Roadmap : Nuclear Energy*) montre que la fission nucléaire peut apporter une contribution importante à un avenir bas carbone résilient. Si tous les pays du monde n'ont pas l'intention, ni le besoin, de recourir à l'énergie nucléaire, la communauté internationale a néanmoins fixé des objectifs très ambitieux concernant le secteur de l'énergie. Il sera très difficile de les atteindre de manière durable sans recours à l'énergie nucléaire.

L'un des objectifs des activités de l'AEN est de contribuer à créer les conditions nécessaires au développement de technologies sûres et aptes à répondre aux besoins des sociétés d'aujourd'hui et de demain. En bref, il s'agit



de soutenir les efforts des pays membres qui souhaitent incorporer la technologie nucléaire dans leur politique énergétique, alors que le paysage mondial de l'énergie va continuer d'évoluer dans les décennies à venir.

Avec cette préoccupation à l'esprit, les discussions approfondies conduites par l'initiative Innovation nucléaire à l'horizon 2050 de l'AEN (NI2050) ont montré qu'il était très intéressant de poursuivre activement la recherche et le développement dans le domaine de l'énergie nucléaire, en ayant pour objectif de mettre des produits sur le marché, mais aussi d'attirer des jeunes et de les encourager à s'engager dans les sciences nucléaires. C'est ce qui permettra de garantir le transfert des connaissances théoriques et pratiques accumulées au cours du long développement de la technologie nucléaire et leur adaptation à des marchés et à des exigences qui ne cessent d'évoluer. Pour être en capacité de prendre des décisions éclairées sur le mix énergétique mondial, la gestion des déchets radioactifs et le démantèlement des anciennes installations, il est essentiel de disposer de la masse critique de connaissances approfondies, de progrès technologiques et de personnes compétentes, mais aussi des informations et des outils nécessaires pour analyser les situations et s'y adapter.

L'innovation est donc non seulement importante pour atteindre des buts techniques ou industriels définis, mais aussi indispensable à la préservation du capital intellectuel. Dans le nucléaire, elle doit être une préoccupation centrale, tant des acteurs du secteur que des pouvoirs publics. C'est cette perspective d'avenir qui incitera les jeunes générations et les universités à s'engager dans ce secteur d'activité, ce qui, à son tour, dynamisera le processus d'innovation et engendra un cercle vertueux. La nécessité d'impliquer les jeunes dans le secteur nucléaire nous conduira à évoquer une autre initiative promue par l'AEN, dans le domaine de l'éducation cette fois-ci : le Cadre d'échanges pour l'enseignement, les compétences et les technologies nucléaires (*Nuclear Education, Skills and Technology* – NEST).

Le processus d'innovation nucléaire doit évoluer considérablement pour que des technologies et des procédés innovants soient développés et mis sur le marché dans un laps de temps qui permette de relever les défis de la durabilité. En d'autres termes, il faut que ce processus soit plus rapide et moins coûteux qu'il ne l'a été ces vingt dernières années. L'un des éléments centraux de la réflexion menée dans ce domaine est la nécessaire complémentarité – et non opposition – entre sûreté et économie. L'innovation favorisera l'évolution de technologies susceptibles d'améliorer la sûreté, tout en entraînant une réduction des coûts.

Ces dernières années, plusieurs pays ont lancé des initiatives pour stimuler l'innovation en fission nucléaire et tenter de lever les freins qui l'ont ralenti. Certains de ces freins avaient trait aux domaines suivants :

- Expertise et infrastructures de recherche : pour l'essentiel, les infrastructures de recherche nucléaire ont été construites il y a 40 à 60 ans. Elles disparaissent graduellement. Un nombre important de personnes compétentes et expérimentées vont prendre leur retraite, ce qui contribuera au phénomène de disparition.
- Cadre réglementaire : les réglementations et les procédures qui les accompagnent ont été optimisées au fil des décennies pour les technologies existantes. Mais quand il s'agira d'accueillir des innovations, qui présenteront un potentiel important d'amélioration de la sûreté et des performances, le processus permettant d'atteindre un état cohérent de préparation et de maturité des technologies innovantes et du cadre réglementaire pourrait manquer de clarté et prendre l'apparence d'un parcours d'obstacles, tant pour les chercheurs que pour l'industrie, et même parfois pour les autorités de sûreté.
- Économie : les coûts et les risques associés à l'innovation sont devenus prohibitifs dans certains pays, où l'on constate un affaiblissement d'acteurs majeurs de l'industrie.

Compte tenu des contraintes financières dans la plupart des économies développées, tant pour les États que pour l'industrie qui opère sur un marché mondialisé, il est difficile – et parfois impossible – de lever ces freins.

Un cadre international pourrait donner naissance à des initiatives visant à surmonter les difficultés évoquées plus haut, car un tel cadre suscite la confiance et permet de mutualiser les coûts et de limiter ou d'atténuer les risques.

L'initiative NI2050 vise à accélérer le développement de technologies innovantes et leur commercialisation dans un délai suffisamment court pour contribuer à la durabilité de l'énergie nucléaire à moyen terme (2030) et à long terme (2050). À cette fin, elle sélectionne et promeut d'ambitieux programmes d'action de R-D et de mise sur le marché (série de projets et d'infrastructures concrets). Elle mobilise les parties prenantes (organismes de R-D, industrie, autorités de sûreté et appuis techniques, gestionnaires de déchets) autour de ses programmes d'action et les propose aux États, aux institutions financières et aux autres parties prenantes pour qu'elles les mettent en œuvre. Le calendrier à moyen et long terme couvre à la fois les innovations « évolutionnaires » et révolutionnaires, ce qui permet de mobiliser à la fois l'industrie et le milieu de la recherche.

Atelier universitaire.
Shutterstock, Matej Kastelic



NI2050 a pour objectif de mettre fin à la segmentation actuelle qui voit les industries et les laboratoires de recherche travailler chacun dans leur silo. En effet, si l'industrie joue naturellement un rôle fondamental dans le développement de technologies évolutionnaires, les laboratoires peuvent contribuer à enrichir le processus d'innovation en apportant des idées originales. De même, tandis qu'ils développent des technologies révolutionnaires, les laboratoires doivent consulter l'industrie pour envisager l'avenir et s'assurer de l'adéquation des inventions avec le marché futur.

L'une des fonctions essentielles de NI2050 est donc d'encourager des interactions précoces, continues et synchronisées entre les parties prenantes de l'innovation. Ces interactions ont fait défaut à plusieurs reprises dans un passé récent. Dans un contexte marqué par une évolution spectaculaire de l'environnement technologique, économique et réglementaire, il faut donc les relancer. Il convient d'assurer une meilleure synchronisation du niveau de maturité technologique et du niveau de maturité réglementaire. Cela devrait limiter les risques d'échec aux stades ultérieurs du processus de développement et accélérer l'innovation, deux facteurs critiques pour encourager les parties prenantes à s'impliquer. Avec cette perspective à l'esprit et par l'intermédiaire de la coopération internationale, les spécialistes de la sûreté peuvent participer dès les premiers stades de la recherche, sans que l'indépendance des autorités de sûreté nationales ne soit compromise.

L'AEN fournit le cadre international approprié à ce processus en instaurant une relation de confiance, en partageant les coûts et en élargissant les perspectives commerciales par un processus d'harmonisation du bas vers le haut. L'initiative NI2050 est placée sous l'égide du Comité du développement nucléaire (NDC) de l'AEN, qui s'intéresse notamment aux aspects économiques de l'énergie nucléaire et aux interactions avec l'industrie. Toute innovation fondée sur des évolutions scientifiques se doit d'apporter des avancées du point de vue des objectifs de sûreté et de la rentabilité économique.

Sur les conseils de son Panel consultatif, NI2050 a identifié des thèmes et des domaines prioritaires nécessitant des innovations, et des experts de ces questions ont élaboré des feuilles de route en matière de R-D, en synergie avec les programmes de recherche existants aux échelons national et international.

Outre les thèmes familiers que sont la sûreté nucléaire, les réacteurs avancés, le combustible nucléaire et les

technologies du cycle du combustible, certains des sujets retenus par NI2050 vont au-delà de la « pure technologie nucléaire ». Ils sont en lien avec l'écosystème plus large des technologies et de l'innovation, comme les matériaux et leur fabrication, la numérisation et l'informatique, les applications envisageables au-delà du secteur de l'électricité et la flexibilité de la production et des utilisations de l'énergie.

Le temps est venu de partager ces feuilles de route au sein de l'AEN, avec la communauté scientifique par l'intermédiaire du Comité des sciences nucléaires (NSC), avec les experts de la sûreté via le Comité sur la sûreté des installations nucléaires (CSNI) et le Comité des activités nucléaires réglementaires (CNRA) et avec l'industrie, au travers d'une coopération avec des organisations telles que l'Electric Power Research Institute (EPRI). Le partage de ces feuilles de route servira à établir des programmes d'action au sein des pays membres de l'AEN, éventuellement au moyen de projets communs de l'AEN.

Ces programmes devront porter non seulement sur les fondements partagés de l'innovation technologique, mais aussi, de manière encore plus importante encore, sur les processus de qualification et d'autorisation des nouvelles technologies. En effet, un consensus international concernant un processus de qualification et d'autorisation pouvant servir de base au dépôt de dossiers dans différents pays permettrait de réduire grandement le temps et les risques associés à la mise en œuvre de nouvelles technologies, tout en favorisant une confiance élargie dans les nouveaux produits.

Pour développer les fondements technologiques et le processus de qualification de nouvelles technologies, une démarche collaborative internationale peut être plus facilement gérable en termes de propriété intellectuelle et bien plus efficace qu'un processus développé au niveau national.

L'établissement d'une passerelle entre NI2050 et NEST sera une autre clé du succès. Il est crucial d'engager les jeunes dans le processus d'innovation, par exemple en attirant et en intégrant des universités dans des programmes d'innovation concrets en phase avec les défis du monde réel, basés sur une formation pratique et offrant des possibilités de création de réseaux multidisciplinaires. Cela permettrait de dynamiser les programmes universitaires nucléaires et de les rendre attractifs aux étudiants qui deviendront les chercheurs et les ingénieurs de demain. Pour faire progresser la sûreté et l'efficacité de la technologie nucléaire, il est crucial de captiver les jeunes scientifiques et de les former dans le cadre de projets d'innovation.



L'innovation en matière de sûreté, une exigence incontournable

L'évolution de la technologie est une partie intégrante de la sûreté. Dans le domaine de l'énergie nucléaire, les progrès sont en grande partie le fruit des enseignements tirés d'expériences passées, comme des accidents, ou de l'obsolescence des technologies, qui donnent l'impulsion pour le développement d'inventions susceptibles d'optimiser la sûreté. Les exigences de la société en la matière peuvent aussi favoriser des évolutions technologiques, car il arrive que les critères de performance fixés ne puissent être respectés sans progrès technologique. Les recherches menées pour accroître la sûreté, ainsi que la valeur apportée à la société en général, portent notamment sur des combustibles plus résistants en conditions accidentelles (combustibles ATF), des technologies numériques susceptibles de remplacer des systèmes de contrôle commande obsolètes, des conceptions de réacteurs innovantes (petits réacteurs modulaires ou réacteurs à haute température refroidis au gaz) et sur la généralisation de méthodes analytiques modernes, telles que les évaluations probabilistes de la sûreté concernant les incendies, les événements externes et la fiabilité humaine.

Il est important, toutefois, que le processus d'innovation produise des technologies qui répondent à un haut niveau de sûreté nucléaire et qui puissent être mises en œuvre de manière industrielle. Trop souvent, la procédure d'autorisation standard telle qu'elle existe aujourd'hui, selon laquelle se succèdent la recherche, le développement industriel puis l'octroi d'une autorisation, n'est pas adaptée à ce processus. D'une part, les délais sont extrêmement longs et l'industrie anticipe un niveau de risque important lors de l'accomplissement des démarches réglementaires, notamment parce qu'elle prévoit qu'elle devra revoir la conception de certains éléments au moment de la demande d'autorisation. Cela peut geler les investissements dans la technologie. D'autre part, les autorités de sûreté peuvent se montrer méfiantes face à une technologie qui fait l'objet d'une demande d'autorisation alors qu'elle n'a pas eu le temps de mûrir.

Il conviendrait donc que les autorités de sûreté et leurs appuis

techniques soient associés au processus de développement technologique dès ses premiers stades, pour contribuer à intégrer la sûreté avant même le lancement de la procédure d'autorisation. Pour faciliter une procédure d'autorisation efficace et sans heurt, il est essentiel de joindre les efforts pour que les technologies puissent mûrir comme il le faut. Si tous les acteurs de la chaîne sont conscients des difficultés susceptibles de surgir au cours du processus d'innovation, cela limitera inexorablement les risques, tant pour l'industrie que pour l'autorité de sûreté. Il est aussi important de s'accorder sur les avantages attendus de la nouvelle technologie envisagée (par ex. sûreté et performances économiques accrues), pour le bénéfice de toutes les parties prenantes concernées.

Il conviendrait de mettre en place des échanges précoces concernant la démonstration de la sûreté d'une technologie innovante, de manière à identifier les critères de sûreté et les scénarios pertinents, ainsi que la stratégie de qualification associée. Des actions seraient également nécessaires pour traiter en parallèle différents aspects du développement d'une innovation et limiter les risques et les retards déraisonnables. Si des problèmes survenaient pendant la phase préalable à la demande d'autorisation, il serait possible de les surmonter de manière transparente et coopérative.

La phase préalable à la demande d'autorisation requiert des investissements de la part de l'industrie, des autorités de sûreté et des organismes de recherche. Pour assurer le succès d'une technologie, il convient de mieux synchroniser ces investissements, notamment du point de vue des ressources engagées. Auparavant, le développement des technologies nucléaires était intégré dans des politiques nationales cohérentes qui assuraient la synchronisation requise. Aujourd'hui, en dépit du consensus sur la nécessité des innovations (par ex. les combustibles ATF), rien ne garantit que les autorités de sûreté pourront investir des ressources suffisantes et en temps utile, bien avant que la décision de mettre en œuvre la technologie considérée ne soit prise. Cela conduit à une situation « de la

poule et de l'œuf » qui compromet l'arrivée à maturité de nouvelles technologies.

De nos jours, on peut difficilement imaginer qu'une technologie innovante majeure puisse être mise au point dans un seul pays, en isolement par rapport au marché mondial. Dans un tel cas de figure, la mise sur le marché de cette technologie s'accompagnerait inévitablement de risques et de retards déraisonnables, ce qui conduirait à un effondrement des activités de recherche et de développement. La synchronisation du processus réglementaire entre différents pays potentiellement intéressés est donc un enjeu de taille.

Si les activités préalables à la demande d'autorisation peuvent nécessiter des interactions entre les organismes chargés du développement et les autorités de sûreté, il convient néanmoins, dès le début de la procédure d'autorisation, de garantir l'indépendance totale des autorités de sûreté. Pour cela, il faut un cadre totalement transparent qui ne compromette pas les responsabilités de chacune des parties prenantes.

La collaboration internationale entre autorités de sûreté et appuis techniques associés apporte une réponse à cette préoccupation. Elle offre le meilleur moyen de synchroniser les activités des acteurs du développement de technologies prometteuses et de faciliter le processus décisionnel des organisations publiques. Elle permet aussi une mutualisation des moyens et une limitation des risques associés à l'investissement de ressources dans des technologies, certes prometteuses, mais encore incertaines. La collaboration fournit les outils de référence (scénarios de sûreté, critères de sûreté et résultats scientifiques) pour une confiance partagée et renforcée dans les nouvelles technologies, ce qui est un atout important quand vient le moment pour une autorité de sûreté nationale de prendre une décision souveraine.

Enfin, la coopération internationale peut fournir le cadre transparent indispensable aux interactions entre les développeurs et ceux qui seront chargés de la mise en œuvre, tout en assurant l'indépendance du processus réglementaire national.

Un enjeu stratégique : le renforcement des infrastructures expérimentales dédiées à la recherche sur les combustibles et matériaux nucléaires

Au cours de la dernière décennie, des avancées considérables ont été réalisées dans la science des matériaux, l'instrumentation et la simulation à grande échelle ; toutefois, la capacité à évaluer les bénéfices des innovations permises par ces avancées n'a pas progressé au même rythme. Le temps nécessaire à la mise en œuvre et à l'autorisation des nouveautés proposées pour améliorer la sûreté et les aspects économiques du nucléaire est extrêmement long. La mise au point et la qualification d'un combustible nucléaire, par exemple, peuvent nécessiter jusqu'à vingt années, en grande partie consacrées à de longs essais d'irradiation ainsi qu'à l'obtention des résultats des examens post-irradiation.

Ces dix dernières années, des progrès importants ont été réalisés dans le développement de nouveaux outils de simulation permettant une modélisation rigoureuse des phénomènes physiques. Toutefois, pour en exploiter pleinement le potentiel, il faudra réaliser une multitude d'expériences de validation plus complexes, en raison des échelles multiples d'énergie, d'espace et de temps, mais aussi du nombre de phénomènes physiques simulés. Il faudra également procéder à une mesure précise de tous les termes, alors que les installations et les techniques expérimentales appropriées n'existent peut-être pas encore.

Dans ce contexte, les données expérimentales jouent un rôle clé en fournissant les fondements nécessaires à la validation, à la vérification, à la qualification des incertitudes, à la conception et à la sûreté ainsi qu'à l'étude du comportement des matériaux et des systèmes. Toutefois, notre capacité à réaliser des expériences n'a progressé que lentement pour certaines applications, quand elle n'a pas régressé de manière importante en raison de problèmes liés aux infrastruc-

tures de recherche. Les prévisions à quinze ans indiquent que le nombre total d'installations expérimentales va décroître. Dans le même temps, la création de rares installations à la pointe de la modernité, ainsi que le remplacement d'instruments obsolètes par de nouveaux dans des installations existantes va résulter en une augmentation de la qualité de certaines infrastructures.

Pour améliorer la sûreté et les aspects économiques de l'énergie nucléaire, il est essentiel de déterminer la manière optimale d'utiliser les installations expérimentales existantes et nouvelles. Compte tenu des limitations en termes d'expertise, de main-d'œuvre et de financement, il est également nécessaire de fournir un effort collectif pour harmoniser les démarches d'expérimentation et optimiser les ressources et les délais de mise en œuvre. En outre, un effort collectif est le signe d'une disposition à investir, qui elle-même permet d'adopter une démarche commune et systématique de validation qui génère de la confiance au niveau international, atout précieux pour la prise de décision et les démarches liées à l'autorisation des nouvelles technologies.

S'appuyant sur le succès de ses activités et de ses projets communs en cours, l'AEN tente de limiter les obstacles à la mise en œuvre de concepts innovants en associant les progrès scientifiques de manière à améliorer l'expérimentation. La conception d'expériences « intelligentes », associée aux méthodes avancées d'interprétation et d'extrapolation des mesures expérimentales permet de mieux intégrer directement les données expérimentales dans la validation des codes, ce qui facilite le processus de développement et les programmes de qualification nécessaires à l'obtention d'autorisations.

L'AEN pilote plusieurs initiatives pluridisciplinaires visant à favoriser

l'innovation en matière nucléaire et à accélérer la mise en œuvre de nouvelles technologies. Dans ce cadre, le Comité des sciences nucléaires de l'AEN a lancé une activité pour renforcer les capacités expérimentales dédiées à l'essai des matériaux et combustibles nucléaires innovants et évolutionnaires. Les objectifs de cette activité sont : 1) de parvenir à un consensus sur la meilleure manière de réduire les délais de mise en œuvre de conceptions de matériaux et de combustibles évolutionnaires et nouveaux pour que ces derniers soient utilisés dans des réacteurs nucléaires commerciaux, tout en maintenant ou en augmentant le niveau de sûreté ; 2) de mettre en place des mécanismes pour renforcer la communication entre l'industrie, les autorités de sûreté, les appuis techniques, les instituts de recherche et les expérimentateurs afin de parvenir à une compréhension mutuelle des critères applicables à la qualification et/ou la validation des essais portant sur les combustibles et les matériaux ; 3) d'identifier les facteurs d'évolution et d'innovation concernant la sûreté, les aspects économiques et l'industrie ; 4) de déterminer la valeur ajoutée potentielle des instruments de pointe et les interactions entre données et moyens avancés de modélisation et de simulation ; 5) d'identifier les avancées technologiques et scientifiques, les problèmes et les besoins associés aux infrastructures et aux techniques d'expérimentation ; 6) de promouvoir une utilisation optimale des infrastructures d'essai et de qualification des combustibles et matériaux ; et 7) d'identifier le rôle que l'AEN et d'autres organisations internationales peuvent jouer pour faire émerger un consensus international sur les meilleures pratiques dans le domaine des essais et de la qualification des combustibles et des matériaux.



Le cercle vertueux de l'innovation et de l'éducation, une condition *sine qua non*

Si l'on souhaite que l'énergie nucléaire puisse contribuer à un avenir énergétique durable, il faut considérer l'innovation et l'éducation – au sens d'un développement des connaissances et des aptitudes – comme allant de pair. En effet, innovation et éducation sont toutes deux indispensables à la prise de décisions saines et éclairées sur les mix énergétiques futurs.

Au cours des dernières décennies, dans certains pays, l'intérêt des étudiants et des universités pour les technologies nucléaires n'a cessé de décroître. Faute d'inverser cette tendance, le monde de la recherche nucléaire, l'industrie nucléaire et les autorités de sûreté de nombreuses nations seront rapidement confrontés à des difficultés croissantes pour maintenir un haut niveau de compétences, d'aptitudes et d'activités dans ce secteur. En outre, à défaut d'activités innovantes, une carrière dans l'énergie nucléaire ne sera pas aussi attrayante que dans d'autres secteurs. Plus important encore, les jeunes ne pourront pas bénéficier de l'expérience personnelle et approfondie ni des connaissances de leurs aînés, qui sont les garantes d'une transmission efficace du savoir-faire.

C'est la raison pour laquelle l'AEN a lancé le Cadre d'échanges NEST en parallèle à l'initiative NI2050. Les spécialistes des technologies nucléaires qui travaillent aujourd'hui à travers le monde ont été formés sur plusieurs décennies, en participant à de nombreux projets ambitieux et complexes qui ont caractérisé le passage rapide de la technologie nucléaire du stade de la recherche à celui de la production industrielle. Les experts nucléaires les plus expérimentés ont participé à des projets de recherche conduits de la fin des années 1960 jusqu'aux années 1980. Or, une grande partie de cette génération de spécialistes approche de l'âge de la retraite.

Si le remplacement d'une génération d'experts par une autre est un phénomène commun à tous les domaines technologiques, les nouvelles générations bénéficient généralement de l'encadrement des générations précédentes alors que de nouvelles technologies apparaissent. Ainsi, dans la plupart des domaines, lorsque le cycle de vie d'une technologie est plus court que le cycle du renouvellement des générations, le départ à la retraite des experts ne pose pas de problème systémique. En revanche, dans le nucléaire, le cycle de vie de la technologie s'est allongé à tel point que le renouvellement du personnel – généralement sur une période de 20 à 30 ans – survient sur une période similaire à celle du renouvellement de la technologie, voire plus courte. Dans ces circonstances, les nouvelles générations d'experts bénéficieront très peu, voire pas du tout, du savoir et de l'expérience de ceux qui ont développé les technologies existantes.

Ce type de situation crée un risque majeur pour la poursuite de l'utilisation de l'énergie nucléaire, domaine dans lequel il est nécessaire de disposer de technologues et de scientifiques extrêmement formés pour faire vivre la technologie, en développer de nouvelles et gérer l'héritage nucléaire sur les décennies à venir. Il existe donc un besoin pressant, indépendamment des politiques énergétiques nationales, auquel il faut apporter des réponses d'envergure internationale.

À travers le monde, on peut encore identifier des projets innovants qui permettront à des experts d'acquérir les aptitudes et l'expérience nécessaires. En tant que cadre multinational entre pays intéressés, NEST vise à encourager les jeunes ingénieurs et scientifiques à envisager des carrières dans la technologie nucléaire en leur offrant des opportunités de recherche et

de formation exigeantes et innovantes, des activités pratiques dans des projets multidisciplinaires et multinationaux concrets où ils travailleront aux côtés de scientifiques expérimentés, en établissant des liens entre universités, instituts de recherche, industrie et autorités de sûreté, et en faisant bénéficier les jeunes de formations sur mesure qui leur permettront de développer leur culture nucléaire et de tisser des réseaux de coopération.

L'évolution technologique est indispensable, non seulement pour répondre aux besoins sociétaux en constante évolution, mais aussi pour encourager de nouvelles générations à chercher des réponses aux problèmes du monde d'aujourd'hui. La formation par l'innovation, en complément à l'enseignement universitaire et à la formation classique par la recherche, est l'objectif premier du cadre NEST.

La technologie nucléaire en 2017



Centrale nucléaire d'Atucha I - II, Argentine.

Dernières évolutions de l'électronucléaire

À la fin de l'année 2017, on comptait à travers le monde 446 réacteurs en service, d'une puissance cumulée de 389 GWe. Parmi ceux-ci, 351, soit 322 GWe ou 83 % du total de la puissance nucléaire mondiale, étaient exploités dans des pays membres de l'AEN.

Quatre réacteurs ont été raccordés au réseau en 2017 – trois en Chine et un au Pakistan. Les travaux de construction de trois réacteurs ont commencé, ce qui porte à 58 (dont 20 dans des pays de l'AEN) le nombre de réacteurs en cours d'édification. Aux États-Unis, la construction de 2 réacteurs à Virgil C. Summer a été stoppée.

C'est dans les pays non membres de l'AEN que le dynamisme en matière de construction de centrales nucléaires est le plus vif, et cette évolution devrait se poursuivre. La majorité des projets de construction de nouvelles centrales concernent des pays qui anticipent une forte croissance de leur demande d'électricité. Ainsi, la Chine construit actuellement 18 réacteurs (19 GWe), contre 29 en 2012 et 2013. Cela représente toujours un tiers du total des constructions en cours.

La Fédération de Russie est également très active, puisqu'elle construit sept réacteurs, dont deux petits réacteurs modulaires sur barge flottante. En 2017, la société publique Rosatom a signé plus de dix accords avec des entités hors de Russie. La plupart d'entre eux concernent des études exploratoires ou de faisabilité, ou encore des activités générales de coopération pour le développement,

mais d'autres correspondent à un stade plus avancé de négociation ou à des accords plus fermes. Dans le même temps, plusieurs pays de l'AEN prévoient de démanteler des centrales nucléaires actuellement en exploitation, pour des motifs soit économiques soit stratégiques.

En termes de développement mondial, les deux tiers des réacteurs en cours de construction sont situés dans des pays non membres de l'AEN, et près de la moitié en Chine, en Inde et aux Émirats arabes unis. Les autres évolutions marquantes en matière électronucléaire dans les pays membres de l'AEN en 2017 sont décrites ci-après.

- L'Argentine, qui a rejoint l'AEN en septembre 2017, a signé un contrat général avec la Corporation nucléaire nationale de Chine (CNNC) concernant la construction d'un réacteur CANDU-6, qui débutera en 2018, et d'un réacteur Hualong 1, qui commencera en 2020.
- La Belgique a reçu une réponse de la Commission européenne (CE) concernant ses mesures relatives à l'exploitation à long terme des tranches 1 et 2 de Doel et 1 de Tihange. La CE juge que ces mesures sont conformes aux dispositions de l'Union européenne relatives aux aides d'État. En 2014 et 2015, la Belgique avait conclu, avec Engie-Electrabel et EDF Belgique, des accords selon lesquels ces entreprises s'engageaient à investir plus d'un milliard d'euros dans les centrales, à condition que leur exploitation puisse être prolongée pour une durée de dix ans. La Belgique s'est engagée à fournir un dédommagement financier si les tranches devaient être mises à l'arrêt avant cette date.



Centrale nucléaire de Cernavodă, Roumanie.

- Au Canada, les Laboratoires nucléaires canadiens (LNC) ont reçu 80 réponses à un « appel à manifestation d'intérêt » pour la construction d'un petit réacteur modulaire sur le site de Chalk River. Ces réponses ont été envoyées par 380 organisations et individus, dont 27 sociétés de la chaîne d'approvisionnement nucléaire et 5 énergéticiens. En outre, la Commission canadienne de sûreté nucléaire (CCSN) a terminé l'examen préalable de la conception du réacteur intégral à sels fondus de Terrestrial Energy Inc.
- En Corée, le nombre total de réacteurs nucléaires en exploitation s'élève à 24, pour une puissance installée de 22,5 GWe, ce qui a représenté 30,3 % de la capacité totale de production électrique en 2017. Cinq tranches nucléaires sont actuellement en construction et le premier raccordement au réseau, celui de la tranche 4 de Shin-Kori, est prévu pour septembre 2018. Le premier réacteur nucléaire de puissance de Corée, la tranche 1 de Kori, d'une puissance de 580 MW, a été mis à l'arrêt définitif en juin 2017. Son exploitation commerciale avait débuté en avril 1978, et la première prolongation de sa durée de vie avait été approuvée en 2007.
- Aux États-Unis, le fournisseur de réacteurs Westinghouse Electric Company s'est déclaré en faillite, en vertu des dispositions légales permettant la restructuration de l'entreprise pour éviter sa liquidation. En raison d'un dépassement des coûts et de retards importants, la construction de deux réacteurs AP1000 a été stoppée sur le site de Virgil C. Summer. Cependant, après un long processus d'évaluation et de décision, il a été décidé de poursuivre la construction de deux réacteurs AP1000 sur le site de Vogtle. Certains états ont mis en place des incitations financières pour permettre la poursuite de l'exploitation de certaines centrales nucléaires. Le ministère de l'Énergie (DoE) a officiellement proposé que la Commission fédérale de réglementation de l'énergie (Federal Energy Regulatory Commission – FERC) prenne des mesures pour répondre aux menaces pesant sur la fiabilité et la résilience du réseau électrique, y compris en mettant à l'arrêt de manière anticipée certains réacteurs nucléaires. La FERC a rejeté la proposition. Au début de 2018, Toshiba a annoncé la cession de sa filiale, Westinghouse Electric Company, au groupe d'investissement canadien Brookfield Business Partners, pour la somme de 4,6 milliards USD. Les juridictions fédérales ont confirmé la prolongation des crédits « zéro émission » accordés au secteur électronucléaire des états de New York et de l'Illinois. D'autres états envisagent de mettre en œuvre des mesures similaires.
- En Finlande, les essais de fonctionnement à froid du réacteur EPR d'Olkiluoto 3 sont terminés et les essais de fonctionnement à chaud ont débuté. En octobre, Teollisuuden Voima Oyj (TVO) a annoncé que l'exploitation commerciale serait repoussée jusqu'à mai 2019, alors qu'elle était antérieurement prévue pour la fin de 2018. Quant à Fennovoima, elle a annoncé qu'au vu de l'état d'avancement de l'examen de sa demande par l'Autorité de radioprotection et de sûreté nucléaire finlandaise (STUK), elle pensait recevoir le permis de construction concernant Hanhikivi 1 en 2019 plutôt qu'en 2018.
- En France, le gouvernement a annoncé qu'il renonçait à l'objectif de réduire la part du nucléaire dans la production d'électricité de 75 % à 50 % d'ici à 2025, indiquant qu'il était « plus réaliste » de viser 2030 ou 2035. Il a indiqué que pour atteindre l'objectif initial de 2025, il aurait probablement fallu mettre à l'arrêt un quart du parc nucléaire français. La Commission européenne (CE) a approuvé le plan d'investissement d'EDF dans « New NP », l'activité de conception de réacteurs nucléaires d'Areva. Selon ce plan, EDF détient désormais 75 % du capital de New NP, rebaptisée Framatome.
- En Hongrie, le permis environnemental concernant deux nouvelles tranches sur le site de Paks a été confirmé par la justice, à l'issue d'une action intentée par deux organisations non gouvernementales. En mars 2017, l'Autorité de l'énergie atomique de Hongrie a délivré une autorisation concernant le site de Paks II. Les travaux d'aménagement du site doivent commencer au début de 2018. En mars, la CE a approuvé le dispositif d'aide d'État du gouvernement, tenant compte du fait que le pays s'est engagé à limiter l'impact de ce dispositif sur la concurrence sur le marché de l'énergie.
- Au Japon, l'Autorité de réglementation nucléaire (NRA) a approuvé le redémarrage de 13 réacteurs, mais seuls cinq ont été redémarrés à ce jour. Le gouvernement a donné son accord pour le redémarrage de deux des huit réacteurs restants (Ohi 3 et 4), qui n'a pas encore eu lieu. Une cour d'appel a levé l'injonction concernant les tranches 3 et 4 de Takahama, tandis qu'une autre cour a suspendu l'exploitation de la tranche 3 d'Ikata, au motif que des risques pesant sur la sûreté n'avaient pas été examinés de manière appropriée.
- En Roumanie, pays membre de l'AEN depuis octobre 2017, l'exploitant de réacteurs Nuclearelectrica SA a reçu l'approbation de ses actionnaires pour lancer le projet de prolongation de la durée de vie de la centrale nucléaire de Cernavoda (qui fonctionne avec deux réacteurs CANDU). Nuclearelectrica SA a également signé un protocole d'accord avec China General Nuclear Corporation (CGN) pour la construction des tranches 3 et 4 de Cernavoda.
- Au Royaume-Uni, le contrat d'écart compensatoire d'Hinkley Point C est toujours sous le feu des critiques, notamment en raison de la faiblesse du prix du marché de l'électricité. Le soutien du gouvernement en faveur de l'énergie nucléaire demeure important, mais au moins un grand fournisseur de réacteurs – Horizon Nuclear Power, filiale de GE Hitachi – a indiqué qu'il ne souhaitait pas ni ne serait en mesure d'assumer l'intégralité des coûts de



Wikimedia Commons

Vue aérienne de la mine d'uranium de McArthur River, Canada.

construction d'un projet à l'avenir, comme EDF et CGN l'ont fait pour Hinkley Point C. L'offre de Korea Electric Power Corporation (KEPCO) pour le rachat de NuGen, filiale de Toshiba qui envisage de construire une centrale nucléaire au Royaume-Uni, a été retenue. Toshiba a vendu NuGen dans le cadre de la restructuration du groupe visant à faire face aux difficultés financières causées par les pertes de Westinghouse, la branche américaine du groupe.

- En Russie, l'exploitation commerciale du premier réacteur VVER-1200 de Novovoronezh 6 a débuté. Par ailleurs, des autorisations d'exploitation ont été délivrées pour les premières tranches de Leningrad Phase II et la tranche 4 de Rostov. La construction du réacteur de recherche polyvalent à neutrons rapides MBIR, un réacteur rapide refroidi au sodium d'une puissance de 150 MWth, se poursuit, avec le début de la fabrication de la cuve du réacteur.

Parmi les pays non membres de l'AEN, la Chine reste le leader de la construction de nouveaux réacteurs, avec trois nouvelles tranches raccordées au réseau en 2017. Toutefois, pour la troisième fois depuis 2005, le rythme de la construction semble avoir ralenti : la Chine n'a entamé aucune construction de nouvelle tranche nucléaire. La China National Nuclear Corporation (CNNC) a toutefois commencé à construire un réacteur à neutrons rapides de démonstration à Xiapu. Il s'agit d'un réacteur de type piscine refroidi au sodium, d'une puissance de 600 MWe. En Inde, le plan quinquennal 2012-2017 prévoit une multiplication par dix de la puissance nucléaire du pays, de 6 GWe à 60 GWe d'ici à 2050. L'Inde construit actuellement quatre réacteurs à eau lourde sous pression, un VVER 412 et un réacteur rapide refroidi au sodium. En 2017, le pays a également signé des accords avec l'entreprise russe Atomstroyexport pour la construction de deux tranches supplémentaires à Kudankulam. Les Émirats arabes unis (EAU) construisent quatre nouveaux réacteurs conçus par l'entreprise coréenne KEPCO, également responsable de la construction. Les travaux semblent progresser à un rythme satisfaisant. L'autorisation d'exploitation de la première tranche est attendue et permettra le chargement du réacteur. Il est prévu que les quatre tranches soient exploitées d'ici à 2020, soit une durée de construction de 5 à 6 ans pour chacun des réacteurs.

Évolution de l'approvisionnement en combustible nucléaire

En 2017, les conditions de marché demeurant défavorables, la production de plusieurs exploitations minières d'uranium a ralenti. L'évolution la plus marquante a été l'annonce de projets d'arrêt de la production à la mine de

McArthur River/KeyLake, au Canada, de réduction de la production au Kazakhstan et d'arrêt du développement de champs de captage dans de nombreuses mines de lixiviation in situ des États-Unis (par ex., Nichols Ranch et Lost Creek). Cependant, la mine d'uranium de Husab, en Namibie, a commencé à produire en décembre 2016 et devrait fonctionner à plein régime dans les années à venir. En 2016, huit pays membres de l'AEN ont produit de l'uranium, l'Australie, le Canada, les États-Unis et la Russie totalisant à eux quatre une part importante de la production mondiale (environ 40 %).

Des usines de conversion de l'uranium sont en service au Canada, aux États-Unis, en France et en Russie. Toutefois, en raison de la surproduction et de la faible demande enregistrée ces dernières années, la plupart ne fonctionnent qu'à 50-70 % de leur capacité. En France, la construction de la nouvelle usine de conversion Comurhex II sur les sites de Malvesi et du Tricastin, dans le sud du pays, se poursuit. Aux États-Unis, Honeywell a annoncé au début de 2017 qu'elle réduirait la capacité de l'installation de conversion de Metropolis pour passer de 15 000 tonnes d'uranium (t d'U) à 7 000 t d'U. Fin novembre, elle a annoncé que la production y serait interrompue jusqu'à ce que les conditions de marché s'améliorent.

Deux usines d'enrichissement par centrifugation à haute performance récemment construites (l'usine Georges Besse II d'Areva, en France, et l'usine d'Urenco, aux États-Unis) ont continué de fonctionner tout au long de 2017. Les conditions de marché défavorables ont conduit les enrichisseurs à arrêter progressivement les centrifugeuses les plus anciennes et à favoriser la vente d'une partie de leurs stocks d'uranium (*underfeeding*) et le réenrichissement de résidus. Aux États-Unis, le développement de la technologie d'enrichissement au laser de GE Hitachi a été freiné par les conditions de marché défavorables. Centrus Energy Corp. a, quant à elle, bénéficié d'une prolongation d'un an de son contrat avec le Laboratoire national d'Oak Ridge (ORNL), appartenant au ministère de l'Énergie, pour poursuivre ses travaux sur la technologie de centrifugation américaine (American Centrifuge Project).

Sûreté et réglementation nucléaires

En 2017, les pays membres de l'AEN ont continué d'améliorer leurs cadres réglementaires et de renforcer la sûreté de leurs installations nucléaires. L'intérêt de la communauté internationale pour la gestion des accidents a conduit à des progrès importants dans le renforcement de la disponibilité et de la diversité des équipements de mitigation et à l'amélioration des stratégies et procédures d'urgence. Les pays membres de l'AEN coopèrent pour renforcer leur connaissance et leur compréhension des risques associés aux catastrophes natu-

relles et aux événements externes tels que les séismes, les tsunamis et les crues. Ils sont particulièrement conscients de l'importance vitale que revêtent le développement et le maintien d'une culture de sûreté forte, tant parmi les exploitants que parmi les autorités de sûreté.

Les autorités de sûreté des pays membres de l'AEN et leurs appuis techniques ont approfondi leur connaissance de nombreux domaines techniques importants par des activités de recherche menées en coopération. Ces activités ont permis de mieux comprendre la phénoménologie des accidents graves, la thermo-hydraulique, les codes de calcul, la modélisation, la propagation des incendies ainsi que les propriétés des matériaux et des combustibles.

L'AEN et ses pays membres ont lancé des activités de recherche à court terme sur le site de la centrale de Fukushima Daiichi pour combler le déficit de connaissances en matière de sûreté et favoriser un démantèlement en temps opportun. Ces activités favoriseront le développement des connaissances techniques du comportement du combustible et des produits de fission lors d'un accident grave et permettront de mieux comprendre les divers codes de calculs utilisés pour analyser les accidents.

L'AEN et ses pays membres accordent la priorité à la sûreté de l'exploitation des installations nucléaires. La collaboration entre membres de l'Agence est particulièrement active sur la question de la prolongation de la durée de vie des centrales nucléaires, notamment au travers de travaux sur le vieillissement des matériaux et des composants. En outre, les autorités de sûreté des pays membres collaborent pour traiter les questions soulevées par l'utilisation croissante des technologies numériques dans les installations nucléaires et assurer la qualité, tout au long de la chaîne d'approvisionnement, des composants nucléaires.

La collaboration internationale et le partage de l'expérience au sein de l'AEN viennent en appui à la construction et à la mise en service de nouvelles conceptions de réacteurs dans des conditions sûres, ainsi qu'à l'examen réglementaire des conceptions de réacteurs avancés. Par ailleurs, alors que certaines centrales commencent à être démantelées, les questions réglementaires soulevées à cette occasion encouragent les membres de l'AEN à partager leur expérience et leurs meilleures pratiques en la matière.

Les activités de collaboration internationale et les projets de l'AEN visant à combler le déficit de connaissances et à partager les meilleures pratiques dans de nombreux domaines techniques et réglementaires durant tout le cycle de vie des installations nucléaires continueront de contribuer au progrès de la sûreté et de la réglementation nucléaires.

Aspects humains de la sûreté nucléaire

L'AEN considère que les aspects humains de la sûreté nucléaire sont essentiels à la sûreté de l'exploitation des installations nucléaires et à l'efficacité des autorités de sûreté. En 2017, les pays membres de l'AEN ont renforcé leur action dans ce domaine en traitant, entre autres, des aspects humains associés à la culture de sûreté, aux facteurs organisationnels, à la formation du personnel, à la communication avec le public ainsi qu'à la participation des parties prenantes en matière de sûreté nucléaire et de gestion des déchets.

Les pays membres de l'AEN continuent à faire progresser la culture de sûreté. Ils renforcent les exigences réglementaires en élaborant et en enrichissant des guides et recommandations en la matière. La culture de sûreté des organismes de réglementation influençant fortement celle des titulaires d'autorisation, mais aussi des organismes publics et d'autres parties prenantes, il est impératif que les autorités de sûreté fassent preuve d'un comportement et incarnent des valeurs qui assurent effectivement la sûreté. Pour développer et renforcer la culture de sûreté des organismes de réglementation, les activités suivantes ont été conduites dans certains pays membres :

- Au Canada, la CCSN a réalisé une autoévaluation approfondie de la culture de sûreté qui s'est terminée à la fin de 2017. Les conclusions permettront d'identifier les axes d'amélioration et viendront enrichir les travaux menés pour élaborer une conception commune de la culture de sûreté, favoriser la transparence et l'aspect participatif du processus décisionnel interne et définir les comportements attendus de la CCSN.
- En Corée, l'Institut coréen de sûreté nucléaire (Korea Institute for Nuclear Safety - KINS) et la Commission de sûreté et de sécurité nucléaire (CSSN) poursuivent la mise en œuvre de leur initiative de renforcement de la culture de sûreté en élaborant des principes, caractéristiques et processus de gestion de la culture de sûreté. Ces deux institutions ont également créé du contenu en ligne pour un cursus de formation à la culture de sûreté. Elles réalisent des autoévaluations pour identifier les domaines d'amélioration.
- En Espagne, le Conseil de sûreté nucléaire (CSN) a publié une réglementation interne sur la culture de sûreté et a entrepris une série d'actions pour renforcer sa culture de sûreté. Ces actions incluent une autoévaluation, des formations pour le personnel, l'intégration de la réglementation sur la culture de sûreté dans le système de gestion et la mise en œuvre, dans les décisions et actions du CSN, d'une approche graduelle en matière de sûreté.



Contrôle des appareils de mesure.
Laboratoires Nucléaires Canadiens (LNC).

Centre de recherche « Nanocenter », formation à la méthode de dépôt par laser pulsé.

MEPHI, Russie



Combinaisons de protection.
Areva, France

- En Finlande, à la suite de la publication du « livret vert » de l'AEN intitulé *The Safety Culture of an Effective Nuclear Regulatory Body*, la STUK a effectué en 2017 un sondage SAFEX au sein de tous ses départements. Elle a également mis en place des formations à la culture de sûreté pour son personnel. La stratégie de la STUK, récemment publiée, est axée sur la culture de la surveillance et met l'accent sur la nécessité, pour tous les personnels, de connaître et de comprendre l'impact des activités réglementaires sur la sûreté.
- Au Japon, la NRA a entrepris des activités pour encourager la culture de sûreté en son sein et sensibiliser son personnel à ce domaine. Tout le personnel y participe par le biais de séminaires, d'auto-apprentissage, de cartes individuelles sur la culture de sûreté, d'ateliers, de questionnaires et de dialogues entre les membres de la commission de sûreté et le personnel.
- Au Royaume-Uni, l'autorité de sûreté (Office of Nuclear Regulation – ONR) a élaboré, à partir des critères de l'AEN définissant la culture de sûreté d'un organisme de réglementation efficace, des indicateurs d'efficacité réglementaire. Elle a également mis en place un cadre de compétences pour la direction et la gestion. Les indicateurs d'efficacité sont répartis selon plusieurs catégories : compétences, capacités et ressources ; conseil réglementaire, prise de décision et mise en œuvre ; clarté, transparence et discernement ; examen par les pairs, assurance et amélioration continue. En outre, pour faire suite à l'enquête lancée en 2017 auprès de son personnel – axée sur le leadership et la culture –, l'ONR a établi des ateliers itinérants, des groupes de travail et un plan d'action recensant les progrès effectués, qui est régulièrement communiqué aux employés.
- En Russie, l'autorité de sûreté Rostechndadzor a mis en œuvre des principes de culture de sûreté technique et de culture de sûreté pour la réglementation de l'utilisation de l'énergie atomique, qui définissent le concept de culture de sûreté et soulignent que l'exemplarité en la matière est exigée à tous les échelons de l'autorité de sûreté.
- En Suisse, l'Inspection fédérale de sûreté nucléaire (IFSN) a publié en 2017 un rapport sur la culture de surveillance

qui rend compte d'une d'autoévaluation réalisée sur ce thème. Ce rapport en décrit les concepts, les méthodes et les résultats.

Protection radiologique

En 2017, les activités de protection radiologique sont restées concentrées sur la gestion des conséquences de l'accident de la centrale nucléaire de Fukushima Daiichi. Au Japon, la réhabilitation des conditions de vie dans les zones affectées reste une priorité. À l'échelle mondiale, on cherche à tirer les enseignements de l'accident et à trouver des moyens de les appliquer dans des contextes socio-économiques différents. Alors que des progrès sont réalisés dans l'exercice complexe que représente la gestion de la réhabilitation après l'accident dans des contextes divers, des avancées progressives sont également réalisées dans la préparation à de futurs événements. Les ministères chargés des questions environnementales et les organismes de réglementation du Japon, mais aussi des organisations internationales comme l'AEN, l'AIEA et la CE ont démarré des projets pour mieux comprendre les préoccupations exprimées par les parties prenantes et se préparer à y répondre.

Il est de plus en plus évident que, si les personnes touchées peuvent ne pas avoir de connaissances scientifiques sur les rayonnements et leurs effets potentiels, elles souhaitent néanmoins apprendre à se protéger et à protéger leur famille. Les gouvernements doivent donc, en priorité, aider les personnes concernées à comprendre leur situation. Pour cela, ils doivent répondre aux préoccupations dans un langage clair et simple, sans jargon scientifique, ce qui peut nécessiter des ressources importantes. La gestion des produits alimentaires après un accident est un bon exemple de cas où un tel langage peut être plus utile pour aider les parties prenantes à prendre des décisions éclairées.

Il est quasiment impossible de prédire la nature des conséquences d'un accident. Par conséquent, la puissance publique doit se doter, en amont, de mécanismes qui permettront de rassembler les ressources nécessaires pour traiter les effets psychosociaux, à la fois des circonstances d'un accident et des choix faits dans la gestion de ses conséquences. Compte tenu de la faible probabilité qu'un accident

cause une contamination à large échelle, la communauté internationale a entrepris une démarche intégrale tenant compte de tous les dangers potentiels. La confiance dans les agences qui viennent en aide aux populations est un facteur clé pour le succès de leur action. La coordination aux échelons national et international se révèle également avoir une importance capitale à cet égard.

Des recherches importantes sont menées en radiobiologie et en épidémiologie pour tenter de mieux comprendre les effets de l'exposition à de faibles doses de rayonnements. Toutefois, les résultats ne sont attendus que sur le long terme.

On ne sait pas encore si l'on disposera à l'avenir d'un nombre suffisant d'experts formés à ces questions – dans la recherche mais aussi dans la quasi-totalité des domaines de la radioprotection. En effet, les formations pour les professionnels non spécialistes de radioprotection sont rares. En outre, dans le monde entier, de nombreux experts jouissant d'une longue expérience vont partir à la retraite dans la décennie à venir. C'est pourquoi plusieurs organisations nationales et internationales agissent pour remédier à cette situation et assurer la transmission du savoir et de l'expérience.

Gestion des déchets radioactifs

En 2017, les pays membres de l'AEN ont continué d'œuvrer pour une gestion sûre du combustible usé et des déchets radioactifs. Les propriétaires de déchets radioactifs souhaitent clarifier le débat sur les risques associés à la gestion de ces déchets et sont conscients qu'il est important d'assurer la transparence de la communication et du processus décisionnel en la matière. Depuis l'entrée en vigueur de la nouvelle directive 2011/70/Euratom du Conseil de l'UE, les États membres de l'UE rendent compte de leurs programmes nationaux de gestion des déchets à la Commission européenne. Cela contribue à renforcer la confiance du public, aide à dresser un panorama européen de la gestion des déchets radioactifs et permet de définir de meilleures stratégies de gestion.

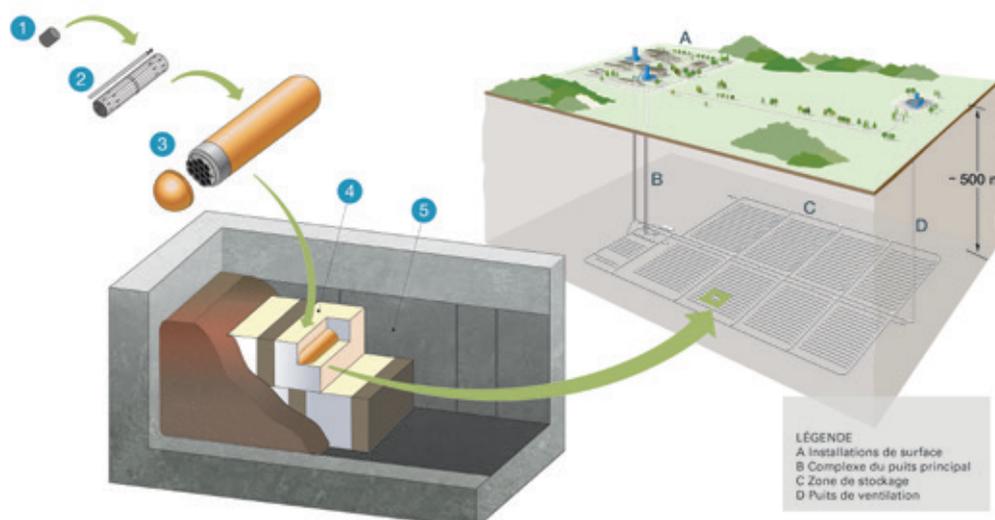
La gestion des déchets radioactifs est actuellement marquée par la révision et le développement des législations applicables en la matière. Les pays de l'AEN élaborent de

nouvelles lois et réglementations, ainsi que des plans de gestion des déchets radioactifs, entre autres. Par ailleurs, certains pays modifient ou mettent à jour les mécanismes de financement de la gestion des déchets radioactifs et du combustible usé.

En 2017, la construction du premier centre de stockage de déchets radioactifs de haute activité (HA) à Olkiluoto, en Finlande, s'est poursuivie. Ce projet permettra de développer une expertise en matière de gestion des déchets radioactifs dont bénéficieront les autres pays qui construiront des centres de stockage géologique.

Les autres faits marquants en la matière sont les suivants :

- En Allemagne, la loi sur la restructuration dans le domaine de la gestion des déchets radioactifs, qui est entrée en vigueur en juillet 2016, a modifié les rôles et les responsabilités de divers bureaux fédéraux. Le Bureau fédéral de radioprotection (Bundesamt für Strahlenschutz, BfS) est désormais chargé de la supervision et de la délivrance d'autorisations en matière de transport nucléaire, d'entreposage des déchets radioactifs, de sélection d'un site de stockage et de surveillance d'un centre de stockage. La gestion des déchets radioactifs est désormais confiée à la Société fédérale pour le stockage des déchets radioactifs (Bundesgesellschaft für Endlagerung mbH – BGE), tandis que l'entreposage relève de la Société fédérale pour l'entreposage des déchets radioactifs (Bundesgesellschaft für Zwischenlagerung – BGZ). La loi sur la sélection d'un site de stockage a été modifiée et est entrée en vigueur en mai 2017. C'est elle qui fixe les critères gouvernant la sélection d'un site pour un centre de stockage des déchets radioactifs.
- Au Canada, la Société de gestion des déchets nucléaires (SGDN), qui est chargée du stockage des déchets de haute activité (HA), a progressé dans le processus en neuf étapes qui doit lui permettre de choisir un site sûr, sécurisé et adapté sur le territoire d'une collectivité informée. En date de mars 2017, neuf collectivités de l'Ontario participaient toujours à ce processus. Du point de vue technique, un prototype révisé de colis a été conçu spécifiquement pour le combustible CANDU. Les premiers prototypes en vraie grandeur ont été construits et ont subi des essais visant à déterminer leur résistance théorique.



Les cinq barrières se complètent pour confiner de manière sûre le combustible nucléaire irradié et l'isoler des personnes et de l'environnement.

Société de gestion des déchets nucléaires, Canada

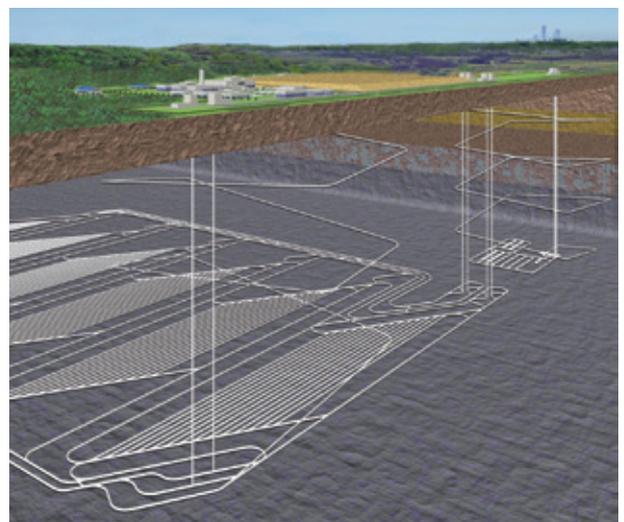
- En Corée, le ministère du Commerce, de l'Industrie et de l'Énergie (MOTIE) travaille à un projet de plan de gestion du combustible usé fondé sur les recommandations formulées en 2015 par la Commission sur la participation du public à la gestion du combustible usé (PECOS). Ces recommandations indiquent qu'il convient d'identifier un site pour un laboratoire de recherche souterrain d'ici à 2020, afin de procéder à des expériences *in situ* à partir de 2030 et de commencer à exploiter un centre de stockage géologique à partir de 2051.
- Aux États-Unis, après la publication par la NRC de son supplément définitif à l'étude concluant que l'impact de rejets en surface d'eaux souterraines potentiellement contaminées serait négligeable, le ministère de l'Énergie (DoE) entend aller de l'avant dans la construction d'un centre de stockage des déchets radioactifs, comme l'indique le projet de budget présidentiel pour 2018. Le DoE a donc relancé les procédures d'autorisation concernant le centre de stockage de déchets radioactifs de Yucca Mountain.
- En Finlande, à Olkiluoto, Posiva est entrée dans une nouvelle phase de la réalisation de son centre de stockage, dont la construction a débuté en décembre 2016. En novembre 2016, la STUK a autorisé la construction d'un centre de stockage géologique des déchets HA et d'une installation d'entreposage, qui devrait commencer à être exploitée d'ici à 2023. En 2017, dans le cadre de sa demande d'autorisation d'exploitation (POSIVA 2017-02), Posiva a publié son dossier de sûreté prévisionnel.
- En France, la procédure concernant la construction d'un centre de stockage géologique des déchets de haute activité et de moyenne activité à vie longue (MA-VL), à la limite des départements de la Meuse et de la Haute-Marne (projet Cigéo), suit son cours. En 2017, l'Andra a publié le dossier d'options de sûreté, qui établit les objectifs, les concepts et les principes de sûreté du stockage des déchets HA et MA-VL dans des formations du Callovo-oxfordien. L'Agence nationale pour la gestion des déchets radioactifs (Andra) a également présenté le plan directeur d'exploitation de Cigéo, qui traite en détail des inventaires de déchets et de l'état d'avancement du projet. L'Andra compte déposer une demande d'autorisation en 2018.
- Au Japon, les travaux du programme de recherche sur le stockage géologique se poursuivent, tandis qu'une politique concernant les déchets HA fait l'objet de discussions entre plusieurs organisations nationales. En 2015, le gouvernement avait révisé la politique relative au stockage des déchets HA, soulignant l'importance de parvenir à un consensus entre le gouvernement et les collectivités locales, mais aussi l'importance de la réversibilité et de la récupérabilité. En 2017, afin de renforcer la communication avec le public, le ministère du Commerce et de l'Industrie (MITI) a publié une Carte nationale des caractéristiques scientifiques d'un centre de stockage géologique.
- En République tchèque, de nouvelles dispositions réglementaires sont entrées en vigueur au début de 2017. Le décret n° 377/2016 régit la gestion sûre des déchets radioactifs et le démantèlement des installations

nucléaires. En novembre 2017, la mise à jour de la conception tchèque a été achevée, et le gouvernement a approuvé un document intitulé « Le concept de gestion des déchets radioactifs et du combustible usé en République tchèque ». Ce concept a subi une évaluation environnementale stratégique comprenant des consultations du public organisées avec les pays voisins. Le processus de choix de site pour un centre de stockage du combustible usé est en cours de définition, et le gestionnaire de déchets, l'Autorité de stockage des déchets radioactifs (SÚRAO), dialogue avec les municipalités qui pourraient se porter candidates. La SÚRAO a réalisé des études géologiques de surface sur neuf sites potentiels depuis 2015. Sur la base des résultats obtenus, elle a décidé de concentrer le processus de sélection sur quatre sites en 2018. Un site devra être choisi d'ici à 2025, et la réalisation de l'installation de recherche souterraine est prévue pour 2030-2045.

- En Russie, le processus de conception se poursuit en vue de l'implantation d'un centre de stockage géologique des déchets HA-VL dans la région de Krasnoïarsk. La première phase du projet est la construction d'un laboratoire souterrain de recherche d'ici à 2021, avec un essai et une démonstration du stockage de différents types de déchets radioactifs. La décision finale concernant le stockage géologique doit être rendue en 2025. Des progrès importants ont également été faits dans l'établissement d'installations d'entreposage des déchets de faible activité (FA) et de moyenne activité (MA) (à savoir, la catégorie 3 pour les déchets FA-VL et MA-VL et la catégorie 4 pour les déchets de FA et de très faible activité [TFA] à vie courte [VC]). Il est prévu de construire des installations de stockage pour les déchets de catégories 3 et 4 dans les régions de Tcheliabinsk et de Tomsk.
- En Suède, l'autorité de sûreté, la Cour foncière et environnementale de Stockholm et la municipalité d'Östhammar, poursuivent l'examen des demandes d'autorisation d'exploitation d'un centre de stockage du combustible usé.

Schéma conceptuel représentant un centre de stockage géologique.

Société de gestion des déchets nucléaires, Japon



Le centre de stockage
du combustible nucléaire usé
d'Onkalo.
Posiva, Finlande



En juin 2016, l'autorité de radioprotection (SSM) a conclu que la demande d'autorisation de la Société suédoise de gestion des déchets radioactifs et du combustible nucléaire (SKB) concernant une installation de conditionnement et le centre de stockage de Forsmark était, à première vue, conforme aux exigences réglementaires et a recommandé à la Cour foncière et environnementale d'accorder à la SKB l'autorisation de mener des activités dans le respect du Code de l'environnement suédois. La Cour a tenu l'audience principale en l'affaire à l'automne 2017 et a remis les conclusions de son examen au gouvernement le 23 janvier 2018. L'autorité de radioprotection doit présenter ses conclusions au gouvernement avant qu'une décision ne soit prise.

- En Suisse, le « plan sectoriel de dépôts en couche géologique profonde » en est actuellement à la phase 2 et le gouvernement devrait prendre une décision concernant une proposition de construction de deux sites ou plus pour le stockage de déchets FA, MA et HA d'ici à la fin de 2018. L'IFSN ayant demandé la poursuite du développement sans délai, la société coopérative nationale pour le stockage des déchets radioactifs (Nagra) a réalisé une campagne sismique 3D dans la région nord des Lägern et a déposé des demandes d'autorisation de forage en 2017. Les zones où il serait possible d'implanter des centres de stockage géologique de déchets HA ou FA ont été identifiées sur la base de critères techniques. La phase 3 consistera à examiner les aspects logistiques et économiques du projet avec les collectivités et les cantons concernés pour réduire le nombre de sites identifiés.

Déchets de faible et moyenne activité

Des avancées ont également été faites en matière de gestion sûre des déchets de faible et moyenne activité (FA et MA). Les faits marquants sont les suivants :

- En Allemagne, la construction du puits de transport des déchets (puits 2) et de la zone de stockage se poursuit dans l'ancienne mine de Konrad. D'ici à 2023, près de 303 000 m³ de déchets radioactifs à pouvoir exothermique négligeable seront stockés dans cette ancienne mine de fer.
- En Belgique, l'Organisme national des déchets radioactifs et des matières fissiles enrichies (ONDRAF) a fourni toutes les informations nécessaires pour répondre aux questions en suspens concernant le projet de centre de stockage de Dessel. Il compte mettre à jour son dossier de sûreté en 2018 et prépare son audition devant le Conseil scientifique de l'Agence fédérale de contrôle nucléaire, qui devrait avoir lieu à la fin de 2018 ou au début de 2019.

- Au Canada, Ontario Power Generation (OPG), exploitant nucléaire de l'Ontario, poursuit la réalisation d'un centre de stockage géologique des déchets FA et MA dans cette province, à Bruce County. Après le dépôt par OPG d'un complément d'informations en réponse à une demande du ministère de l'Environnement et du Changement climatique de fin 2016, un examen public a eu lieu en 2017. Le ministère doit désormais se prononcer sur l'évaluation environnementale.
- En Corée, le centre de stockage de déchets FA et MA de Wolsong a obtenu une autorisation à la fin de 2014 et a commencé à être exploité en 2015. Dans l'installation FA et MA de Yangbuk-myeon, à Gyeongju, d'une capacité de 800 000 fûts (de 200 l chacun) sur une surface de 2 100 000 m², l'exploitation a commencé en 2015. La construction d'une seconde installation sur le même site devrait être achevée d'ici à 2019, avec un centre de stockage en subsurface d'une capacité de 125 000 fûts.
- Aux États-Unis, la NRC élabore une réglementation sur le stockage des déchets supérieurs à la catégorie C, car la réglementation actuelle (10 CFR 61) ne contient pas de critères généraux concernant le stockage de ce type de déchets et des déchets transuraniens.
- En Russie, un système de stockage de déchets FA et MA est en cours de développement. Le processus de sélection d'un site a débuté. En 2017, l'exploitation du premier centre de stockage de déchets FA et MA de Novouralsk, qui a commencé en 2015, se poursuit.

Démantèlement

Des progrès importants sont faits en matière de démantèlement et de remise en état de l'environnement dans les pays de l'AEN. Ci-dessous figure un aperçu des activités de démantèlement en cours en 2017 :

- Au Canada, c'est une organisation privée, les Laboratoires nucléaires canadiens (LNC), qui est désormais chargée du démantèlement et de la gestion des déchets radioactifs détenus par Énergie atomique du Canada limitée (EACL). Sur le site des laboratoires de Chalk River, LNC prévoit de construire, d'ici à 2020, une installation de stockage en subsurface pour les déchets FA. LNC tente également d'accélérer le démantèlement et la fermeture du Réacteur nucléaire de démonstration, en Ontario, et des laboratoires de Whiteshell, dans le Manitoba.
- Aux États-Unis, les travaux d'assainissement de la Plutonium Finishing Plant (PFP) de Hanford, dans l'état de Washington, de démolition des bâtiments et d'entreposage des déchets à Oak Ridge, Tennessee, ainsi que sur d'autres sites du DoE (comme Savannah River) se sont

Vue aérienne du site de Sellafield, Sellafield, Royaume-Uni.



poursuivis en 2017. La NRC surveille 20 réacteurs de puissance mis à l'arrêt définitif. Parmi ces 20 réacteurs, 6 sont en cours de démantèlement actif (DECON) et 14 seront démantelés à une date ultérieure (SAFSTOR). En application de la disposition 10 CFR 50.82(a)(3), un réacteur mis à l'arrêt définitif doit être démantelé dans un délai de 60 ans. Par ailleurs, la NRC a poursuivi son activité en matière d'autorisation et de surveillance concernant 4 réacteurs de recherche et d'essais, 13 installations de démantèlement des matériaux complexes, 2 installations du cycle du combustible, 22 sites de traitement du minerai d'uranium de titre 1 et 11 sites de récupération de l'uranium de titre 2. Depuis l'annonce d'une proposition de règlement en novembre 2015, la NRC a organisé des réunions publiques afin de recueillir des informations des parties prenantes extérieures et a commencé les activités de recherche nécessaires à la publication d'une réglementation concernant le démantèlement, prévue pour 2019.

- En Finlande, le Centre de recherche technique de Finlande (VTT) prépare une demande d'autorisation pour le démantèlement du réacteur de recherche FiR Triga Mark II, qui a été mis à l'arrêt en 2015. La STUK assurera la surveillance du premier projet de démantèlement et de déclassement d'une installation nucléaire en Finlande.
- Au Japon, la NRA a revu la loi réglementant les matières brutes, le combustible nucléaire et les réacteurs, qui impose désormais aux titulaires d'autorisation de publier leurs « stratégies de démantèlement » de leurs installations nucléaires avant de commencer à les exploiter.
- En Russie, le démantèlement de quatre tranches dans les centrales de Novovoronezh et de Beloyarsk et de quatre installations nucléaires et présentant un risque radiologique s'est poursuivi en 2017. Les préparatifs pour le démantèlement des tranches 1 et 2 de la centrale nucléaire de Leningrad et des tranches 1 à 4 de la centrale de Bilibino, ainsi que des tranches 1 et 2 de la centrale de Kola se sont poursuivis en 2017.
- Au Royaume-Uni, depuis que la Nuclear Decommissioning Authority (NDA) est devenue propriétaire du site de Sellafield en 2016, une machine de 350 tonnes a été installée pour récupérer les déchets radioactifs du silo d'entreposage de l'installation. Les déchets récupérés seront conditionnés et entreposés en attendant d'être stockés dans le centre de stockage géologique du Royaume-Uni. La NDA estime qu'il lui faudra entre 20 et 25 ans pour procéder à l'assainissement du site de Sellafield.
- En Suède, le démantèlement du réacteur d'essai des matériaux R2 de Studsvik se poursuit et doit être achevé en 2019. Le démantèlement du réacteur à eau lourde

sous pression d'Agesta doit débuter en 2020. Un nouveau bâtiment d'entreposage des déchets FA et MA issu du démantèlement de ces installations est en préparation sur le site de Studsvik. Des titulaires d'autorisation préparent également la mise à l'arrêt de quatre des plus anciens réacteurs : les tranches 1 et 2 d'Oskarshamn (2017) et 1 et 2 de Ringhals (2020). Ces projets s'ajoutent à ceux concernant deux tranches de Barsebäck et le réacteur d'Agesta. Au total, sept réacteurs vont donc être démantelés dans les années à venir. Les six réacteurs en exploitation à Oskarshamn, Ringhals et Forsmark vont continuer d'être exploités, leur durée de vie ayant été prolongée jusqu'à 60 ans.

- En Suisse, l'IFSN examine le premier plan de démantèlement de la centrale nucléaire de Mühleberg soumis à l'Office fédéral de l'énergie (OFEN).

Sciences et technologies nucléaires

L'industrie nucléaire, confrontée à différents concepts scientifiques et options technologiques, s'apprête à faire des choix définitifs sur le long terme. Pour arriver à cette étape, il lui a fallu reconnaître que certaines préoccupations étaient communes à différents acteurs, dont les énergéticiens et les fournisseurs de combustible, les autorités de sûreté, les organismes de R-D et les installations expérimentales. Parmi ces préoccupations figurent le développement et la qualification de combustibles et matériaux innovants, mais aussi les moyens qui permettront leur mise en œuvre dans un contexte industriel. Les programmes nationaux concernant des combustibles plus résistants en conditions accidentelles (*Accident-Tolerant Fuels* – ATF) pour les réacteurs à eau légère ont identifié des conceptions évolutionnaires et révolutionnaires qui présentent des avantages, tant du point de vue de la sûreté que de l'économie. Pour faire advenir ces innovations dans des délais raisonnables, le dialogue entre acteurs du secteur s'est généralisé.

Un autre champ de collaboration s'est ouvert dans le domaine de la conception de petits réacteurs modulaires et de réacteurs à sels fondus, l'objectif étant de définir le plus tôt possible un processus de demande d'autorisation approprié. Ces questions sont intimement liées à d'autres préoccupations concernant la limitation des ressources, notamment le développement d'outils avancés de modélisation et de simulation, le rajeunissement des infrastructures expérimentales et le transfert des connaissances à une nouvelle génération d'experts. L'utilisation raisonnée de chacune de ces ressources et la réflexion sur ces questions sont essentielles à l'adaptation de l'industrie nucléaire à l'avenir.

Ces dernières années, les innovations numériques sont de plus en plus utilisées pour renforcer l'efficacité de la conception et de l'exploitation des centrales nucléaires. Par ailleurs, une nouvelle discipline, la science des données, permet de comprendre les phénomènes physiques à l'œuvre dans certaines fluctuations que l'on considérait auparavant comme du bruit. Les avancées de la science des données ont été rendues nécessaires par la gigantesque quantité de données que produisent les techniques d'acquisition de données et de simulation de haute-fidélité. Dans le cadre du Projet international d'évaluation de la physique des réacteurs (IRPhE), des experts ont analysé les différences entre les signaux prédits et les signaux mesurés dans des milliers de chambres de fission de centrales nucléaires. Ces différences commencent à donner des informations sur des données nucléaires fondamentales, comme les sections efficaces et les rendements de fission. Plus les jeux de données prennent de l'ampleur et plus cela encourage la mise en commun des données, de manière à maximiser la puissance statistique de ces techniques. En outre, compte tenu du coût associé à la génération de nouvelles données expérimentales dans certains domaines, le traitement massif des données encourage la collecte et la numérisation des immenses jeux de données générés par d'anciennes campagnes de recherche. La réanalyse de jeux de données historiques avec les outils de simulation modernes permettra également aux analystes de mieux comprendre des domaines qui avaient échappé à l'étude jusqu'alors. On s'attend à ce que cette tendance améliore grandement le pouvoir prédictif des outils dont disposent les ingénieurs en physique nucléaire.

À la fin de l'année 2017, un élément clé des grandes infrastructures de science nucléaire nationales et internationales a été redémarré après une mise à l'arrêt pendant 23 ans. Il s'agit de l'installation d'essais sur les transitoires des réacteurs TREAT (Transient Reactor Test Facility) située en Idaho, aux États-Unis. Celle-ci a atteint la criticité pour la première fois le 14 novembre 2017. Le DoE travaille à son redémarrage depuis 2013, dans le cadre d'un projet de développement, d'essai et de qualification de combustibles ATF en vue de leur mise en œuvre dans un cadre industriel. Les activités de mise en service sont en cours pour préparer le début des campagnes d'expérimentation. Elles comprendront la formation des opérateurs, les essais de l'instrumentation, la caractérisation radiologique et la calibration détaillée des caractéristiques d'exploitation du cœur, y compris le bilan thermique, le contrôle de la réactivité et la mesure de l'efficacité des barres de commande, ainsi que des transitoires d'essai. Dans le même temps, les chercheurs de l'Idaho National Laboratory (INL) conçoivent et réalisent des caissons d'expérimentation qui contiendront

des échantillons témoins ainsi que leur instrumentation propre et créeront des conditions environnementales spécifiques. Les premiers résultats d'expériences menées dans TREAT sont attendus pour le début de 2019.

D'un point de vue international, TREAT est un atout majeur qui viendra s'ajouter à d'autres installations, dont Cabri, situé à Cadarache, dans le sud de la France, qui est détenu et exploité par le Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives (CEA). Après dix années de travaux de rénovation importants, le réacteur Cabri est désormais doté d'une nouvelle configuration qui permettra au Projet international Cabri (CIP) de l'AEN d'étudier le comportement des combustibles avancés dans des conditions accidentelles plus représentatives de celles que l'on rencontre dans les réacteurs à eau pressurisée. Cabri est un réacteur de type piscine dédié à l'étude des accidents d'injection de réactivité (RIA) sur une section de combustible fortement irradié dans un réacteur refroidi par eau. Le gouvernement avait accordé, par décret, à l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN) la priorité pour utiliser Cabri pour son programme de recherche sur la sûreté du combustible, et c'est lui qui a donc financé la rénovation. En 2000, à la suite de changements des conditions d'utilisation du combustible dans les réacteurs, l'IRSN a lancé le projet CIP sous les auspices de l'AEN. Le premier essai de la boucle à eau pressurisée était prévu pour le premier trimestre de 2017.

Une tendance se dégage en faveur d'une analyse plus approfondie de la sensibilité et d'une complétude des techniques relatives aux incertitudes concernant l'application des données nucléaires aux simulations de cœurs de réacteurs. La récente mise à disposition de nouvelles bibliothèques de données nucléaires évaluées – JEFF 3.3 et ENDF/B-VIII a répondu aux demandes de la communauté scientifique concernant une représentation plus détaillée des covariances sous-jacentes pour une gamme plus élargie d'isotopes. De plus en plus, les études de validation ou d'essai et les justifications des incertitudes nécessitent des paramètres supplémentaires aux fins d'analyses, tels que les distributions secondaires de l'énergie et l'angle. De ce fait, des efforts importants sont faits pour moderniser les outils de calcul utilisés pour ces études et analyses : écriture et essai de nouveaux codes de calcul et création d'un nouveau format de stockage capable de gérer de nombreux types et structures d'information que les formats actuels ne peuvent pas gérer. Les outils de visualisation et de manipulation de l'AEN évoluent pour répondre à ces nouveaux besoins. Ces progrès permettent de mieux quantifier les marges de sûreté et d'exploitation, ce qui, à son tour, facilite la prise de décision concernant leur valeur économique.

Photos de la piscine du réacteur montrant les caractéristiques de l'effet Cherenkov selon la puissance du cœur.

IRSN, France



Droit nucléaire

Tous les efforts visant à garantir de hauts niveaux de sûreté nucléaire, aussi considérables soient-ils, ne peuvent réduire à zéro le risque qu'un accident se produise dans une installation nucléaire (c'est-à-dire, non seulement une centrale nucléaire, mais aussi toute installation dans laquelle se trouve du combustible nucléaire, des substances nucléaires, des produits radioactifs ou des déchets radioactifs) ou pendant le transport de substances nucléaires d'une installation vers une autre. Comme l'ont montré les accidents de Three Mile Island (1979), Tchernobyl (1986) et Fukushima Daiichi (2011), les accidents graves peuvent avoir des conséquences très diverses, qui peuvent se faire sentir à de très grandes distances et toucher aussi bien la population que les biens.

Il est aujourd'hui largement admis qu'il est important d'établir des régimes de responsabilité civile nucléaire qui répondent aux inquiétudes de tous les pays risquant d'être concernés par un accident, en vue de garantir une réparation appropriée des dommages nucléaires. À ce jour, 27 des 33 pays membres de l'AEN ont adhéré à l'une ou l'autre des conventions internationales sur la responsabilité civile nucléaire. Depuis l'accident de Fukushima Daiichi, les pays – et surtout ceux qui viennent d'entrer sur le marché nucléaire ou qui envisagent de le faire (comme l'Arabie saoudite, la Jordanie et le Kazakhstan) – tendent à adhérer au régime renforcé de la Convention de Vienne, c'est-à-dire au Protocole d'amendement de la Convention de Vienne relative à la responsabilité civile en matière de dommages nucléaires (le Protocole de 1997). La Roumanie et les Émirats arabes unis ont choisi d'adhérer au régime renforcé des conventions – le Protocole de 1997, le Protocole commun relatif à l'application de la Convention de Vienne et de la Convention de Paris sur la responsabilité civile dans le domaine de l'énergie nucléaire (la Convention de Paris) et la Convention sur la réparation complémentaire des dommages nucléaires (CRC) – afin de pouvoir entretenir des relations régies par ces traités avec le plus grand nombre possible de pays. Le Canada, qui est déjà un acteur nucléaire, a rejoint la CRC en 2017.

Les États membres de l'AEN signataires des Protocoles de 2004 portant modification de la Convention de Paris et de la Convention complémentaire à la Convention de Paris (la Convention complémentaire de Bruxelles) continuent de transposer les dispositions de ces protocoles en droit national pour augmenter substantiellement le montant de réparation disponible, étendre la couverture à de nouveaux types de dommages et s'assurer qu'un plus grand nombre de victimes sont en droit d'être indemnisées. La décision 2004/294/CE du Conseil de l'UE du 8 mars 2004 exige des onze parties contractantes à la Convention de Paris qui sont aussi membres de l'UE qu'elles prennent les mesures nécessaires pour déposer simultanément leurs instruments de ratification ou d'adhésion au Protocole de 2004 portant modification de la Convention de Paris. L'Italie finalise une loi de ratification et d'application, ce qui devrait permettre aux signataires de ratifier les Protocoles de 2004, tandis que d'autres pays (comme la Belgique, l'Espagne, la Finlande, la France et les Pays-Bas) ont déjà adopté une législation transi-

toire qui, dans l'attente de l'entrée en vigueur des Protocoles de 2004, transpose en droit national les nouveaux montants de réparation. On trouvera de plus amples informations sur la Convention de Paris à l'adresse : www.oecd-nea.org/law/paris-convention.html.

Au fil du temps, les montants de responsabilité ont augmenté, mais les conventions modernisées (à savoir, la Convention de Paris telle qu'amendée par le Protocole de 2004, le Protocole de 1997 et la CRC) ont aussi apporté d'autres améliorations : allongement de la durée de prescription et d'extinction de 10 à 30 ans après la survenue d'un accident nucléaire pour les actions intentées en cas de décès ou de dommage corporel. Les types de dommages ouvrant droit à réparation sont également plus nombreux. En plus des dommages corporels et matériels, les conventions modernisées tiennent compte de certains types de dommages immatériels, du coût des mesures de restauration d'un environnement dégradé, de la perte de revenus résultant d'un environnement dégradé et du coût des mesures de sauvegarde, y compris les pertes et dommages occasionnés par ces mesures. Pour couvrir sa responsabilité nucléaire, un exploitant est tenu de disposer en tout temps d'une couverture assurantielle ou d'une autre garantie financière d'un montant déterminé. Les exploitants ont été confrontés à une réticence des assureurs à couvrir certains nouveaux types de dommages – en particulier ceux liés à l'environnement, au décès ou aux dommages corporels au-delà des dix années suivant la date d'un accident nucléaire. Ils ont dû rechercher d'autres garanties financières et ont sollicité les mutuelles et les États. Ainsi, en vue de l'entrée en vigueur du Protocole de 2004 portant modification de la Convention de Paris, la Belgique a mis au point une garantie d'État qu'elle accorde aux exploitants d'installations nucléaires situées en Belgique et qui ne sont pas parvenus à obtenir sur le marché privé une couverture assurantielle suffisante de leur responsabilité nucléaire. La CE a confirmé le 14 juillet 2017 que la garantie d'État proposée par la Belgique ne constituait pas une aide d'État. La CE a conclu que, dans le cas du dispositif que la Belgique lui a communiqué, la prime que les exploitants nucléaires doivent verser pour bénéficier de la garantie d'État était fixée à un niveau tel qu'elle ne constituerait pas un avantage concurrentiel. La CE a également conclu que le montant de la prime était suffisamment élevé pour ne pas saturer le marché privé de l'assurance et que les acteurs privés seraient incités à proposer des offres compétitives pour remplacer la garantie d'État. Pour de plus amples informations sur la décision de la CE, voir http://ec.europa.eu/competition/elojade/isef/case_details.cfm?proc_code=3_SA_46602.

Développement de l'énergie nucléaire

L'objectif de l'AEN dans ce domaine est de fournir aux gouvernements et aux autres parties prenantes concernées des informations fiables, faisant autorité, sur les technologies nucléaires actuelles et futures. Il consiste aussi à fournir aux décideurs des informations et analyses concernant l'avenir de l'énergie nucléaire – y compris les analyses économiques et de ressources, l'opinion et les perceptions du public, les avancées des technologies électronucléaires et du cycle du combustible nucléaire et les données relatives à la production d'électricité – ainsi que des prévisions sur le rôle futur de l'énergie nucléaire dans la perspective du développement durable et dans le contexte des politiques énergétiques nationales et internationales qui visent à fournir une électricité bas carbone de façon rentable et avec un niveau élevé de sécurité de l'approvisionnement. Les agents collaborent étroitement avec le Comité chargé des études techniques et économiques sur le développement de l'énergie nucléaire et le cycle du combustible (NDC) et ses groupes d'experts. La nature transversale de ce domaine suppose des efforts concertés de la part des agents qui assurent la coordination avec d'autres secteurs, comités et groupes de travail de l'AEN.

Données sur l'énergie nucléaire

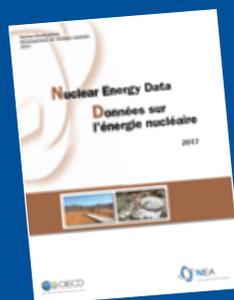
L'édition 2017 de *Données sur l'énergie nucléaire* a été publiée en novembre 2017. Elle contient des informations communiquées par les pays membres sur les dernières évolutions du secteur de l'énergie nucléaire, dont des projections de la puissance installée totale et nucléaire ainsi que des besoins du cycle du combustible jusqu'en 2035. Sur la base des données actualisées jusqu'à la fin de 2016, ce document révèle que la production totale d'électricité des pays membres de l'AEN a légèrement baissé entre 2015 et 2016 (1,5 %), alors que la production d'électricité d'origine nucléaire a augmenté de 0,1 %.

Impact de l'accident de Fukushima Daiichi sur les politiques nucléaires

En avril 2017, l'AEN a publié un rapport intitulé *Impacts of the Fukushima Daiichi Accident on Nuclear Development Policies*. Les auteurs examinent les modifications apportées

Faits marquants

- En novembre, l'AEN a publié l'édition 2017 de *Données sur l'énergie nucléaire*, qui contient des informations officielles sur les programmes de production d'énergie nucléaire de ses pays membres.
- En avril, l'AEN a publié le rapport intitulé *Impacts of the Fukushima Daiichi Accident on Nuclear Development Policies*, qui évalue les modifications des politiques nucléaires à la suite de l'accident.
- Quatre rapports sont sur le point d'être publiés sur : la mesure de l'emploi généré par l'industrie de l'énergie nucléaire, le rôle de la cogénération nucléaire dans les systèmes énergétiques bas carbone futurs, le coût complet de la fourniture d'électricité et les résultats d'une étude sur les coûts systémiques de la décarbonation des systèmes énergétiques.
- Trois nouveaux projets ont été lancés en 2017 et seront conduits par des groupes d'experts ad hoc pour : évaluer l'adéquation des réacteurs avancés aux besoins futurs des marchés de l'énergie, passer en revue les stratégies nationales concernant le cycle du combustible et évaluer les impacts économiques de l'exploitation minière de l'uranium.

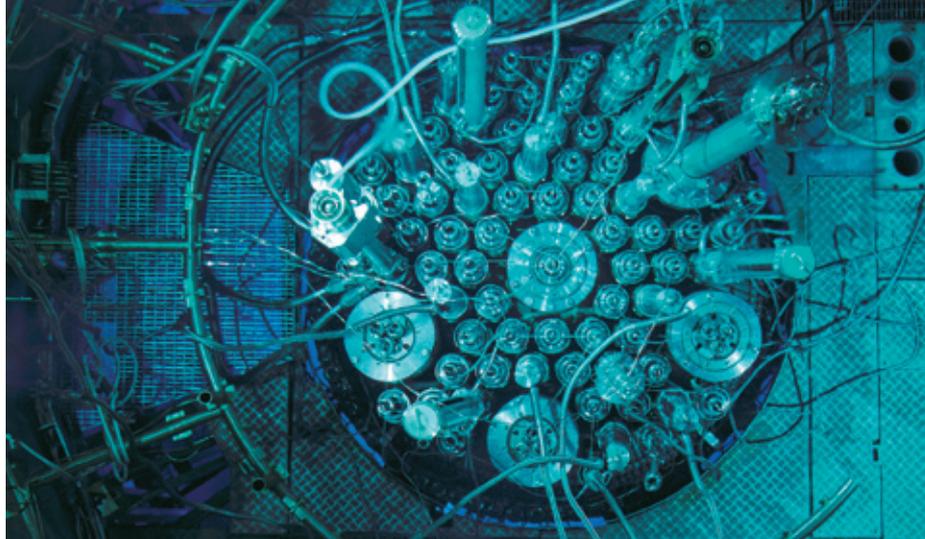


aux politiques et aux projets d'avenir en tentant de distinguer les différents facteurs, dont l'impact de l'accident de Fukushima Daiichi, qui ont pu influencer sur les politiques en matière d'énergie nucléaire. Ils s'intéressent également aux changements au fil du temps des projections quantitatives nationales à long terme, qui révèlent des tendances intéressantes sur le rôle que l'énergie nucléaire pourrait jouer dans les systèmes énergétiques futurs. Ce rapport montre que, alors que l'accident a été suivi d'évaluations techniques poussées de la sûreté de toutes les centrales nucléaires en exploitation et d'un accroissement général des exigences de sûreté, les modifications apportées aux politiques nationales ont été plus variées.

Coûts complets de l'électricité nucléaire

Les coûts commerciaux de la production et de la fourniture d'électricité, qui sont répercutés sur les prix du marché, ne représentent qu'une partie de l'intégralité des coûts sociaux

Réacteur BR2 du SCK•CEN.
SCK•CEN et Nordion



de la fourniture d'électricité. Pour permettre aux autorités de prendre des décisions en connaissance de cause, la Division de l'économie et du développement des technologies nucléaires a donc entrepris un projet collaboratif pour recueillir et synthétiser les recherches et les informations disponibles sur les coûts sociaux. Ce travail porte sur des questions d'ordre socio-économique comme les coûts systémiques, la sécurité de l'approvisionnement, les effets sur l'emploi ou les conséquences sur le développement des technologies mais aussi sur des questions d'ordre environnemental et de santé publique comme la pollution atmosphérique, le changement climatique, l'aménagement du territoire ou les accidents majeurs. L'une des conclusions de ce projet est que la pollution atmosphérique et les coûts systémiques sont les coûts non intégrés les plus importants de la fourniture d'électricité.

Coûts systémiques de la décarbonation des systèmes électriques

La baisse continue du coût des sources renouvelables variables et les efforts consentis pour décarboner les systèmes énergétiques des pays membres de l'OCDE vont probablement modifier le secteur de l'électricité dans les décennies à venir. Les subventions accordées à certaines technologies et le déploiement d'une part croissante de sources d'énergie intermittentes ont des conséquences importantes sur le niveau et la volatilité des prix de marché de l'électricité, ainsi que sur les capacités d'investissement dans de nouvelles installations de production d'énergie appelable. En collaboration avec l'Institute for Data, Systems and Society (IDSS) du Massachusetts Institute of Technology (MIT), l'AEN a entrepris un important effort de modélisation pour comparer les coûts systémiques totaux des systèmes électriques en tenant compte d'une contrainte carbone commune mais de parts différentes d'énergies renouvelables variables, d'énergie nucléaire et d'autres technologies de production d'électricité. L'AEN publiera un rapport au début de 2018, qui permettra de mieux comprendre les dynamiques et les aspects économiques de l'introduction d'une part croissante de renouvelables variables dans le mix énergétique, ainsi que l'exploitation des centrales appelables conventionnelles. Ce rapport proposera également une analyse des instruments politiques d'internalisation des coûts systémiques.

La cogénération dans un avenir bas carbone

Un rapport final sur la cogénération dans un avenir bas carbone est en préparation et sera publié en 2018. Il présentera les résultats d'une étude menée par un groupe d'experts du NDC pendant deux ans. Cette étude montre que la cogénération nucléaire, avec les réacteurs existants ou plus probablement avec les réacteurs avancés, peut être déterminante pour réduire les émissions de gaz à effet de serre des secteurs de l'industrie, du transport et du bâtiment. En effet, l'énergie nucléaire produit non seulement de l'électricité bas carbone mais aussi de la chaleur bas carbone, qui peut être utilisée dans une vaste gamme de processus industriels, du chauffage urbain à la production d'hydrogène en passant par la dessalinisation. Les études de cas fournies par le groupe d'experts couvrent à la fois des applications existantes et des études de faisabilité.

Mesure de l'emploi

Le secteur de l'énergie nucléaire emploie une main-d'œuvre considérable à travers le monde. L'AEN et l'Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA) mènent ensemble de longue date des activités relatives à l'emploi dans le secteur de l'énergie nucléaire et ont rédigé un rapport intitulé *Measuring Employment Generated by the Nuclear Power Sector*. À l'aide du modèle macroéconomique le plus répandu pour déterminer l'emploi total - le modèle « entrées/sorties » -, l'AEN et l'AIEA ont mesuré les emplois directs, indirects et induits générés par le secteur de l'énergie nucléaire au sein d'une économie nationale. Ce rapport sera publié au début de 2018.

Collaboration avec d'autres organes de l'OCDE

L'AEN collabore étroitement avec l'Agence internationale de l'énergie (AIE) sur des examens approfondis des stratégies énergétiques des pays membres qui ont des installations électronucléaires ou prévoient de s'en doter. En 2017, l'AEN a participé à de tels examens concernant la Suisse et la Finlande. Les rapports d'examen des années précédentes ont été publiés concernant la France, la Hongrie, la Pologne et la République tchèque. La participation de l'AEN à ces analyses est cruciale, car l'agence apporte son expertise en matière d'énergie nucléaire. La Division de l'économie



Techniciens.
SCK•CEN et Nordion

et du développement des technologies nucléaires de l'AEN a également formulé des avis sur l'investissement dans l'énergie nucléaire pour l'édition 2017 de *World Energy Investment*, une publication de l'AIE.

Innovation nucléaire à l'horizon 2050

L'Initiative NI2050 vise à accélérer le développement de technologies innovantes et leur déploiement commercial afin de contribuer à la durabilité de l'énergie nucléaire. L'enquête sur le financement public de la R-D consacrée à la fission nucléaire sur la période 2010-2015 a été consolidée, et les pays membres ont rédigé et examiné des rapports nationaux pour faire le point sur la situation à l'échelle mondiale. Cette enquête montre que, si le financement public de la R-D a diminué de manière significative par rapport à il y a quelques décennies, il s'est stabilisé ces dix dernières années. Aujourd'hui, on observe un financement équilibré de l'énergie nucléaire, des renouvelables et des efforts d'efficacité énergétique. Le financement n'est pas l'unique condition nécessaire à l'innovation, il est aussi crucial d'assurer un transfert effectif des fruits de la R-D vers le déploiement commercial. Des programmes d'action (échelonnement des projets, calendriers et infrastructures nécessaires) ont donc été élaborés sur certains sujets prioritaires retenus par le Panel consultatif de NI2050. Ils serviront de base au dialogue avec l'industrie et avec les organismes de réglementation concernant les modalités de mise en œuvre.

Sécurité de l'approvisionnement en radioisotopes

En 2017, le HLG-MR a poursuivi ses efforts pour assurer la sécurité d'approvisionnement en molybdène-99 (^{99}Mo), le radioisotope à usage médical le plus utilisé, et en technetium-99m ($^{99\text{m}}\text{Tc}$), produit de la désintégration du ^{99}Mo . L'AEN a publié le rapport intitulé *2017 Medical Isotope Supply Review: $^{99}\text{Mo}/^{99\text{m}}\text{Tc}$ Market Demand and Production Capacity Projection 2017-2022*, qui confirme que la demande en $^{99}\text{Mo}/^{99\text{m}}\text{Tc}$ demeure relativement stable, à 9 000 Ci de ^{99}Mo d'une période radioactive de six jours par semaine à la fin du traitement radiochimique. Ce rapport montre que les capacités de production des acteurs existants ont augmenté pour la deuxième année consécutive et que la capacité de production actuelle, sous réserve d'un soutien,

d'une planification et d'une programmation adéquates, devrait permettre de faire face à une indisponibilité imprévue d'un réacteur ou d'un transformateur jusqu'en 2022. Il indique également que les nouveaux projets de production de $^{99}\text{Mo}/^{99\text{m}}\text{Tc}$, tant à partir de technologies conventionnelles que nouvelles, progressent, mais que nombre d'entre eux ont subi des retards. À la fin de 2017, la production à partir de technologies de substitution n'était pas encore commercialisée.

La troisième auto-évaluation de la chaîne d'approvisionnement mondiale en $^{99}\text{Mo}/^{99\text{m}}\text{Tc}$ a également été publiée. Le rapport évalue les progrès faits par les acteurs de la chaîne de production dans la mise en œuvre des principes directeurs du HLG-MR, notamment de la récupération intégrale des coûts tout au long de la chaîne d'approvisionnement et d'une capacité de réserve pour indisponibilité rémunérée qui soit suffisante pour assurer la disponibilité continue des produits pour les patients. Il examine également le rôle des États dans le marché du ^{99}Mo et du $^{99\text{m}}\text{Tc}$, notamment pour assurer les conditions nécessaires à sa viabilité économique. Il propose également des comparaisons avec les autoévaluations de 2012 et 2014 et identifie les facteurs principaux qui retardent l'instauration d'un marché économiquement viable sur le long terme.

Le NDC a approuvé la prolongation du quatrième mandat du HLG-MR pour une durée de 14 mois qui prendra fin en décembre 2018.

Cycle du combustible nucléaire : stratégies et considérations concernant l'aval du cycle

Le Groupe d'experts sur les stratégies de l'aval du cycle (BEST) a tenu sa première réunion les 3 et 4 mai 2017. Il a été créé en vue d'examiner les éléments qui peuvent déterminer les décisions des pays quant à l'opportunité et à la manière de développer des cycles du combustible nucléaire partiellement ou complètement fermés. Il ressort des discussions et des présentations des pays que les décisions relatives au choix du cycle du combustible sont fortement influencées par des questions étrangères à la maturité ou la faisabilité techniques. Le groupe produira un rapport qui aidera les autorités décisionnelles à identifier les domaines techniques qui font consensus et les distinctions clés entre les différents types de cycles.

Réacteurs avancés et besoins futurs des marchés de l'énergie

Après avoir organisé un atelier international qui a rencontré une bonne participation en avril 2017, l'AEN a lancé, sous les auspices du Comité du développement nucléaire (NDC), une étude de deux ans sur les réacteurs avancés et les besoins futurs des marchés de l'énergie. Le Groupe d'experts sur les réacteurs avancés et les besoins futurs des marchés de l'énergie (ARFEM) a tenu sa première réunion à Boulogne les 5 et 6 juillet 2017, rassemblant des experts du Canada, de Corée, de France, d'Italie, du Japon, de Pologne, de Roumanie, du Royaume-Uni et de Russie. Ce groupe va analyser les marchés de l'énergie et de l'électricité, qui évoluent rapidement, en vue de déterminer le degré d'adaptation des technologies de réacteurs en cours de développement - réacteurs évolutifs de troisième génération, petits réacteurs modulaires et réacteurs de quatrième génération - au monde bas carbone de demain. Les résultats de ses travaux fourniront des informations très attendues sur le potentiel de l'énergie nucléaire en tant que technologie bas carbone essentielle et permettront d'identifier les difficultés liées aux nouvelles exigences en termes d'exploitation, de réglementation et de marché.

Adéquation des mécanismes de financement du démantèlement et du stockage du combustible usé

La majorité des réacteurs nucléaires en exploitation atteindront la limite de leur durée prévue d'exploitation dans les deux décennies à venir. La demande sociale en faveur de solutions durables pour le démantèlement et le stockage du combustible usé est donc importante. Le nouveau projet conduit dans ce domaine aidera les pays membres à s'assurer de l'adéquation de leurs mécanismes de financement, tant en ce qui concerne les provisions constituées que les processus institutionnels d'équilibrage de l'actif et du passif sur le long terme. Si l'étude ne remet pas en cause les estimations de coûts, elle porte une attention particulière aux risques financiers, tant en ce qui concerne le financement que le chiffrage, dans un environnement économique en évolution rapide. Le projet inclut deux ateliers avec des pays membres de la Commission européenne conçus pour partager le retour d'expérience et identifier les meilleures pratiques.

Contribution de l'exploitation minière de l'uranium au développement économique

Les 9 et 10 octobre 2017, le nouveau Groupe d'experts de l'AEN sur l'exploitation de l'uranium et le développement économique (UMED) a tenu sa première réunion. Ses participants ont discuté d'études de cas réalisées dans divers pays afin de comprendre l'impact de l'exploitation de l'uranium sur l'emploi, les redevances et les recettes fiscales, le développement des entreprises locales, les infrastructures,



Mine à ciel ouvert de McClean Lake, Canada.
Areva, France

l'éducation et les soins médicaux. Ils ont également noté qu'il était essentiel, pour parvenir à un développement durable, d'établir des partenariats et de veiller à une bonne gouvernance.

Aspects économiques du stockage

Le Groupe d'experts sur les aspects économiques de l'entreposage du combustible usé (EGEES) a retenu quatre scénarios concernant l'entreposage du combustible usé : i) cycle ouvert, entreposage à sec sur site (avec reconditionnement), ii) cycle ouvert, entreposage à sec centralisé hors site, iii) cycle ouvert, entreposage sous eau centralisé hors site, iv) cycle fermé. L'analyse économique de chacun de ces scénarios sera menée à bien conformément aux recommandations des organes suivants : le Groupe de travail sur la sûreté du cycle du combustible (WGFC) du Comité sur la sûreté des installations nucléaires (CSNI) et le Groupe d'experts sur la gestion des déchets radioactifs avant stockage (EGPMRW) du Comité de la gestion des déchets radioactifs (RWMC).



Contact :
Henri Paillère
Chef de la Division de l'économie et du développement des technologies nucléaires par intérim
+33 (0)1 45 24 10 67
henri.paillere@oecd.org



Forums coordonnés par le Secrétariat

Generation IV International Forum (GIF)

Créé en 2001, le Forum international Génération IV (GIF) rassemble 13 pays - parmi lesquels l'Afrique du Sud, le Canada, la Chine, la Corée, les États-Unis, la France, le Japon, la Russie et la Suisse sont les plus actifs - ainsi qu'Euratom, qui représente les 28 pays membres de l'UE. Il sert à coordonner les activités de R-D sur les systèmes d'énergie nucléaire avancés. L'accord-cadre a été prorogé pour dix ans le 26 février 2015, et l'Australie est devenue le 14^e membre du GIF en juin 2016, après que le directeur général de l'Organisation pour la science et la technologie nucléaire australienne (*Australian Nuclear Science and Technology Organisation* – ANSTO) a signé la charte du GIF. L'Australie a adhéré à l'accord-cadre le 13 décembre 2017.

En 2002, le GIF a sélectionné six concepts de systèmes nucléaires pour sa R-D en collaboration : le réacteur rapide refroidi au sodium (RNR-Na), le réacteur à très haute température (RTHT), le réacteur refroidi à l'eau supercritique (RESC), le réacteur rapide refroidi au gaz (RNR-G), le réacteur rapide refroidi au plomb (RNR-Pb) et le réacteur à sels fondus (RSF). La mise à jour du programme de développement technologique *GIF Technology Roadmap* publié en 2014 a confirmé cette sélection. Les activités de recherche sur les systèmes RNR-G, RESC, RNR-Na et RTHT au sein du GIF sont organisées selon quatre arran-

gements-système, chacun étant mis en application sous la forme d'arrangements-projet (neuf à la fin de 2017, couvrant des domaines tels que sûreté et exploitation, combustible, matériaux, thermo-hydraulique, production d'hydrogène et intégration des systèmes et évaluation). Deux projets ont été achevés en 2017 : le projet sur le combustible avancé RNR-Na et le Projet international de démonstration du cycle global des actinides (GACID). En 2016, avec l'accord des signataires, ces quatre arrangements-système ont été prolongés pour une période supplémentaire de dix ans. Les activités de recherche concernant les systèmes RSF et RNR-Pb ne sont pas encore organisées en arrangements-système et arrangements-projet, et sont conduites conformément à des protocoles d'accord qui régissent les échanges d'informations entre signataires et observateurs. Toutefois, en 2017, le Comité de direction provisoire du système RSF est convenu de s'organiser en arrangement-système.

En 2017, le GIF a poursuivi ses travaux conformément à son objectif, qui consiste à atteindre les plus hauts niveaux de sûreté pour les systèmes de quatrième génération, avec l'élaboration de critères et de principes de sûreté pour la conception qui intègrent les enseignements de l'accident de Fukushima Daiichi. Initialement adoptés pour le système RNR-Na, ces critères et principes sont aujourd'hui adaptés pour les systèmes RNR-Pb et RTHT. Le GIF a également maintenu son dialogue avec les autorités de sûreté sur la

question des critères et des objectifs de sûreté des réacteurs, aux niveaux national et international, et en particulier dans le cadre du Comité sur les activités nucléaires réglementaires (CNRA) et du Comité sur la sûreté des installations nucléaires (CSNI) de l'AEN.

Par l'intermédiaire de son Groupe de travail sur l'éducation et la formation, le GIF a mis en place, depuis septembre 2016, des séminaires mensuels en ligne par l'intermédiaire desquels il porte son travail à la connaissance des étudiants et des chercheurs. En décembre 2017, 16 webinaires ont été organisés, qui ont intéressé, au-delà des membres du GIF, la communauté universitaire et l'industrie. Les documents présentés lors des webinaires sont disponibles sur le site web du GIF. Le GIF a également renoué des contacts avec l'industrie, à travers le retour d'expérience de son Comité consultatif industriel de haut niveau (*Senior Industrial Advisory Panel* – SIAP). Le SIAP a fourni au Comité directeur du GIF une analyse de la maturité des six concepts de quatrième génération et des défis associés en termes de marché, par l'intermédiaire d'un questionnaire d'inspection des conceptions envoyé à tous les développeurs de systèmes.

L'AEN a apporté son soutien aux organes techniques chargés du développement des six systèmes et aux trois groupes de travail méthodologique et, à la demande du Comité directeur, au Comité consultatif industriel de haut niveau.



Réunion du Comité directeur en Afrique du Sud, Octobre 2017.

L'AEN assure la gestion des deux parties (publique et privée) du site web du GIF. Elle organise et accueille également une des deux réunions annuelles du Comité directeur, l'autre étant accueillie par l'un des pays membres du GIF (l'Afrique du Sud a hébergé la réunion du Comité directeur d'octobre 2017). Le soutien de l'AEN au GIF est intégralement financé par des contributions volontaires en argent ou en nature de pays membres du GIF.

Cadre international de coopération sur l'énergie nucléaire (IFNEC)

Le Cadre international de coopération sur l'énergie nucléaire compte 34 pays participants, 31 pays observateurs et 4 organisations internationales observatrices (Euratom, GIF, AIEA et AEN). Parmi les 33 pays membres de l'AEN, 26 sont membres de l'IFNEC.

Après approbation du Comité de direction de l'AEN, le Comité exécutif de l'IFNEC a formellement commencé le transfert du secrétariat technique à l'AEN lors de sa réunion de juin 2015. Il a été convenu que le secrétariat serait financé uniquement à partir de contributions volontaires en argent ou en nature des membres de l'IFNEC.

Si l'IFNEC a connu d'importantes modifications en 2017, sa mission reste la même depuis sa création en 2010 :

« *Le Cadre international de coopération sur l'énergie nucléaire fournit aux États participants un*

forum de coopération visant à explorer les approches mutuellement bénéfiques pour garantir que l'utilisation de l'énergie nucléaire à des fins pacifiques soit efficiente et réponde aux plus hautes normes de sûreté, de sécurité et de non-prolifération. Les États participants ne renoncent à aucun de leurs droits et s'engagent volontairement à partager les efforts et à profiter des bénéfices d'une utilisation économique et pacifique de l'énergie nucléaire. »

Le changement majeur de 2017 a été le passage de la direction de l'IFNEC des États-Unis à l'Argentine. Après avoir présidé le Comité de direction de l'IFNEC pendant sept ans, M. Edward McGinnis a rejoint les membres du Comité de direction dans leur soutien unanime en faveur de M. Julian Gadano, qui est devenu le nouveau Président du Comité, le 29 juin 2017. L'une des priorités du nouveau Président sera de développer les liens avec les pays en développement pour inviter et impliquer les pays qui commencent à développer un programme nucléaire. En outre, avec le soutien des pays membres et des organisations observatrices, le champ d'activité de l'IFNEC a été élargi en 2017 pour intégrer les questions liées à la chaîne logistique sous l'égide du nouveau Groupe ad hoc chargé des relations entre fournisseurs nucléaires et pays clients (NSCCEG), coprésidé par l'Argentine et le Japon. Le NSCCEG a tenu sa première réunion le 28 juin, qui a été suivie d'une conférence sur les questions relatives à la localisation et à la chaîne logistique mondiale. Cette conférence a permis aux par-

ties prenantes de débattre des questions critiques relatives à la chaîne logistique mondiale et à la localisation dans un format interactif. Les actes en seront publiés au cours du printemps 2018.

Les 9 et 10 mai 2017, le Groupe de travail sur le développement des infrastructures a organisé un atelier sur les ressources et les lacunes intitulé « Industry View of Nuclear Security and Stakeholder Engagement for Radioactive Waste Management » (Vues de l'industrie sur la sûreté nucléaire et la participation des parties prenantes à la gestion des déchets radioactifs), qui a été hébergé par la Roumanie à Bucarest. Plus de 70 experts de la région s'y sont retrouvés pour échanger avec les leaders de l'industrie internationalement reconnus, la communauté universitaire et des représentants gouvernementaux.

Le Groupe de travail sur la faisabilité des services de combustible nucléaire (RNFSWG) a poursuivi son travail dans deux domaines : les discussions sur les coûts associés au développement d'un centre de stockage multinational et sur la faisabilité des technologies et les coûts associés à l'entreposage de longue durée.

Les trois groupes ont poursuivi leurs discussions ouvertes avec les membres du Comité de direction et du Comité exécutif lors de leurs réunions tenues du 6 au 9 novembre, notamment sur les synergies possibles et sur l'importance d'éviter la redondance des travaux, tant au sein de la structure de l'IFNEC qu'avec les autres entités qui traitent de questions similaires.

Conférence de l'IFNEC sur la chaîne d'approvisionnement mondiale et les questions de localisation, novembre 2017, Paris, France.



Sûreté et réglementation nucléaires

L'objectif de l'AEN dans ce domaine est d'aider les pays membres dans leurs efforts pour garantir un haut niveau de sûreté dans l'exploitation de l'énergie nucléaire, en appuyant le développement d'une réglementation et d'une surveillance utiles et efficaces des installations et des activités nucléaires et en contribuant à préserver et à enrichir la base de connaissances scientifiques et technologiques. Les agents collaborent étroitement avec le Comité sur la sûreté des installations nucléaires (CSNI) et le Comité sur les activités nucléaires réglementaires (CNRA) et leurs groupes d'experts.

Faits marquants

- Le rapport de l'AEN intitulé *Safety Research Opportunities Post-Fukushima – Initial Report of the Senior Expert Group* a été publié en 2017.
- Plusieurs conférences ou ateliers internationaux ont été tenus en 2017, sur des sujets tels que le contrôle réglementaire des capacités organisationnelles et de l'expérience d'exploitation des nouveaux titulaires d'autorisations, qui ont permis aux experts des pays membres de partager leur expérience et d'établir des pratiques optimales.
- La 4^e Conférence sur les activités liées aux nouvelles conceptions de réacteurs du Programme multinational d'évaluation des conceptions (MDEP), organisée en septembre, a attiré 150 participants de 16 pays.
- Dans le cadre du MDEP, des représentants des autorités de sûreté de Finlande, de France et du Royaume-Uni ont assisté à une partie des essais de vibration des internes de la cuve du réacteur réalisés lors de la mise en service du premier EPR à Taishan 1, en Chine, dont les résultats pourront, le cas échéant, servir pour les EPR suivants qui seront construits dans d'autres pays.

Sûreté nucléaire

Analyse et gestion des accidents

Le Groupe de travail de l'AEN sur l'analyse et la gestion des accidents (WGAMA) a poursuivi ses activités sur le comportement en cuve des cœurs dégradés, la thermohydraulique du circuit primaire, le comportement et la protection de l'enveloppe de confinement, la mécanique des fluides numérique ainsi que les rejets et le transport des produits de fission.

Le WGAMA a mené à bien quatre activités en 2017. Il a produit un rapport sur l'utilisation de simulations analytiques de scénarios d'accidents de réacteur pour améliorer la gestion des accidents graves et les guides élaborés sur ce sujet. Il a également réalisé un état des connaissances sur les explosions de vapeur qui pourraient se produire dans des cavités profondes lorsque du corium fondu est relâché à la suite d'une défaillance de la cuve sous pression d'un réacteur. Enfin, il a mis la dernière main à deux rapports sur l'utilisation de codes numériques en mécanique des fluides pour modéliser le comportement d'un réacteur lors d'un accident.

Vieillesse et intégrité des structures et composants des réacteurs

Le Groupe de travail de l'AEN sur l'intégrité et le vieillissement des composants et des structures (WGIAGE) concentre son activité sur l'intégrité, le vieillissement et le

comportement sismique des composants métalliques et des structures en béton.

Trois rapports ont été achevés en 2017. Le premier résume les résultats d'un test comparatif sur les paramètres mécaniques de rupture K et J pour différents composants et différentes charges. Le deuxième décrit l'analyse et le benchmarking des marges des composants métalliques sous de fortes charges sismiques, et conclut qu'en dépit de marges très importantes relatives aux charges sismiques, les codes de conception des centrales nucléaires n'apportent pas une réponse complète au mode de défaillance dominant (fatigue à faible nombre de cycles). Ses auteurs recommandent donc que des critères plus précis soient élaborés pour les codes de conception des tuyauteries afin de prévenir les dommages dus à la fatigue à faible nombre de cycles. Le troisième rapport présente les résultats d'une analyse comparative par simulation visant à prévoir les effets de la réaction alcali-agrégat (RAA) sur le comportement des structures en béton. L'analyse montre que l'utilisation d'échantillons ayant une RAA accélérée ne permet pas nécessairement une évaluation fiable de la performance des structures. La prochaine phase de l'analyse portera sur la validation des modèles de calcul à partir de spécimens prélevés sur une structure réelle.

Évaluation des risques

Le principal objectif du Groupe de travail de l'AEN sur l'évaluation des risques (WGRISK) est de progresser dans la compréhension et l'utilisation des études probabilistes de

sûreté (EPS) pour fonder des décisions en matière de sûreté nucléaire dans les pays membres. En 2017, un rapport a été achevé sur l'utilisation des EPS de niveau 3 pour déterminer les conséquences radiologiques hors site des accidents de réacteur. Le WGRISK concentre actuellement son activité sur l'utilisation des analyses de la fiabilité humaine dans les événements EPS externes, les progrès de l'application des EPS au niveau du site, une mise à jour sur l'usage général et le développement des EPS dans les pays membres, des mises à jour sur les avis techniques concernant les EPS sur les incendies et les séismes et les démarches de modélisation du comportement du contrôle-commande dans le cadre des EPS. Un atelier commun sur l'utilisation d'informations tirées des bases de données de l'AEN dans les EPS est aussi en cours de préparation.

Sûreté du combustible

En 2017, le Groupe de travail de l'AEN sur la sûreté du combustible (WGFS) s'est focalisé sur trois activités : la première a consisté en un atelier commun avec des groupes d'experts du Comité des sciences nucléaires sur la modélisation avancée du comportement du combustible en appui à la sûreté et à la performance. Cet événement de deux jours et demi a attiré 80 participants de 18 pays membres appartenant essentiellement à des organismes de recherche et développement (R-D), des entreprises de services nucléaires et des fournisseurs de combustible. La deuxième activité était centrée sur une tâche commune à WGFS et WGAMA concernant les priorités de recherche sur les piscines de combustible usé en conditions accidentelles de perte de réfrigérant primaire ou de perte de circulation selon une démarche fondée sur l'identification des phénomènes et sur des tableaux de classement (PIRT). La démarche PIRT a permis d'identifier 20 phénomènes ayant un fort impact sur la sûreté mais pour lesquels le niveau des connaissances est faible. Enfin, la troisième activité, consistant à compléter le rapport sur l'état de l'art de 2009 sur le comportement du combustible en condition de perte de réfrigérant primaire, a été lancée au début de 2017. Elle a permis d'identifier une telle quantité de documentation supplémentaire et a attiré un tel nombre de contributeurs que le WGFS a décidé de redéfinir le champ de cette activité pour procéder à une mise à jour complète du rapport.

Sûreté du cycle du combustible

Le Groupe de travail de l'AEN sur la sûreté du cycle du combustible (WGFC) rassemble des spécialistes de la réglementation et de l'industrie pour traiter d'un large éventail de thèmes, dont les évaluations de sûreté, la sûreté-criticité nucléaire, les EPS, la gestion de la sûreté, le démantèlement, le réaménagement de sites, les risques chimiques, les facteurs humains et la protection incendie. Le groupe de travail suit les travaux du système d'analyse et de notification des incidents relatifs au cycle du combustible (FINAS), commun à l'Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA) et à l'AEN. Il s'agit du seul système international qui fournisse aux autorités de sûreté et aux organes gouvernementaux des informations sur les enseignements tirés des événements

significatifs du point de vue de la sûreté qui se sont produits dans des installations du cycle du combustible.

En 2017, le groupe a finalisé un rapport sur l'atelier intitulé *Workshop on Developments in Fuel Cycle Facilities after the Fukushima Daiichi Nuclear Power Station Accident*. La conclusion de cet atelier est que le concept de défense en profondeur, appliqué de manière graduelle en fonction du risque posé par une installation du cycle du combustible (ICC), peut permettre d'assurer la sûreté lors de la conception et de la définition des systèmes de gestion, des méthodes d'assurance qualité et des procédures opérationnelles appliquées dans ces installations. Ce rapport souligne également l'utilité des tests portant sur les procédures opérationnelles d'urgence des ICC lors des exercices de crise annuels.

Événements externes

Le Groupe de travail de l'AEN sur les événements externes (WGEV) travaille à l'amélioration de la compréhension et du traitement des risques externes pour soutenir la performance en matière de sûreté des installations nucléaires et renforcer l'efficacité des pratiques réglementaires. Initialement, ce groupe s'était concentré sur les événements climatiques graves avec vents forts et inondations ; en 2017, il a achevé les actes d'un atelier tenu sur ce sujet.

Le WGEV se consacre actuellement à deux activités. Premièrement, l'identification des pratiques optimales et des manques de connaissance en matière de détection des risques externes par des méthodes scientifiques. Les résultats de ces travaux pourront être pris en compte lors de l'évaluation du risque dans les centrales nucléaires. Deuxièmement, l'identification des thèmes clés du point de vue des démarches déterministes et probabilistes associées à l'évaluation des risques d'inondation fluviale ainsi qu'à l'adéquation de la protection contre les crues. Le WGEV a également commencé une nouvelle activité pour réfléchir aux concepts utilisés pour établir des mesures de protection efficaces contre les risques d'inondation et favoriser une compréhension partagée de la terminologie utilisée pour discuter des mesures de protection contre les inondations.

Robustesse des systèmes électriques

Le Groupe de travail de l'AEN sur les systèmes électriques de puissance (WGELEC) collabore pour améliorer la robustesse des systèmes électriques, améliorer l'analyse de leur performance et traiter les questions de sûreté qui y sont associées. Le WGELEC a trois activités en cours. La première concerne l'identification précoce des mécanismes de défaillance électrique qui ont un effet sur la sûreté nucléaire, la deuxième l'identification des bonnes pratiques pour améliorer la robustesse des systèmes électriques de puissance, et la troisième la comparaison des méthodes de simulation des systèmes électriques. Une activité supplémentaire a été identifiée en 2017, qui consiste à concevoir des mesures pour lutter contre la dégradation accélérée et la défaillance des batteries qui affectent la sûreté des installations nucléaires.



Salle de commande.
Shutterstock, Nordroden

Réglementation nucléaire

Expérience d'exploitation

Le Groupe de travail de l'AEN sur l'expérience acquise en cours d'exploitation (WGOE) a poursuivi ses échanges sur les tendances et les enseignements tirés des événements qui se sont produits à l'échelon national. En avril 2017, le WGOE a tenu un atelier international à Madrid, en Espagne, sur les meilleures pratiques réglementaires en matière d'utilisation de bases de données sur le retour d'expérience. Cet atelier a permis aux participants de débattre des techniques et méthodes de collecte, d'assimilation, d'examen et d'analyse des incidents en vue d'améliorer la réponse aux événements et les procédures d'inspection, mais aussi de renforcer les capacités d'évaluation des mesures préventives ou correctives.

Le WGOE a continué d'examiner les événements enregistrés dans le système international de notification des incidents (IRS) concernant l'expérience d'exploitation. Ce système commun à l'AIEA et à l'AEN est le seul dispositif international qui fournisse aux autorités de sûreté des informations concernant des événements qui se sont déroulés dans des centrales nucléaires et sont significatifs du point de vue de la sûreté. L'AIEA prépare la publication, au début de 2018, de *Nuclear Power Plant Operating Experience from the IAEA/NEA Incident Reporting System* (le «Livre bleu») concernant l'expérience d'exploitation de 2012 à 2014.

Le WGOE a également mis à jour les guides et les modèles utilisés pour identifier et partager entre membres des informations concernant les cas de non-conformité, de fraude ou de suspicion (NCFS). Le groupe publiera au début de 2018 un rapport sur le retour d'expérience, les exigences réglementaires et les enseignements concernant plus de 100 événements de manutention de charges lourdes examinés par le groupe de travail en 2017.

Réglementation des nouveaux réacteurs

Le Groupe de travail de l'AEN sur la réglementation des nouveaux réacteurs (WGRNR) concentre ses travaux sur

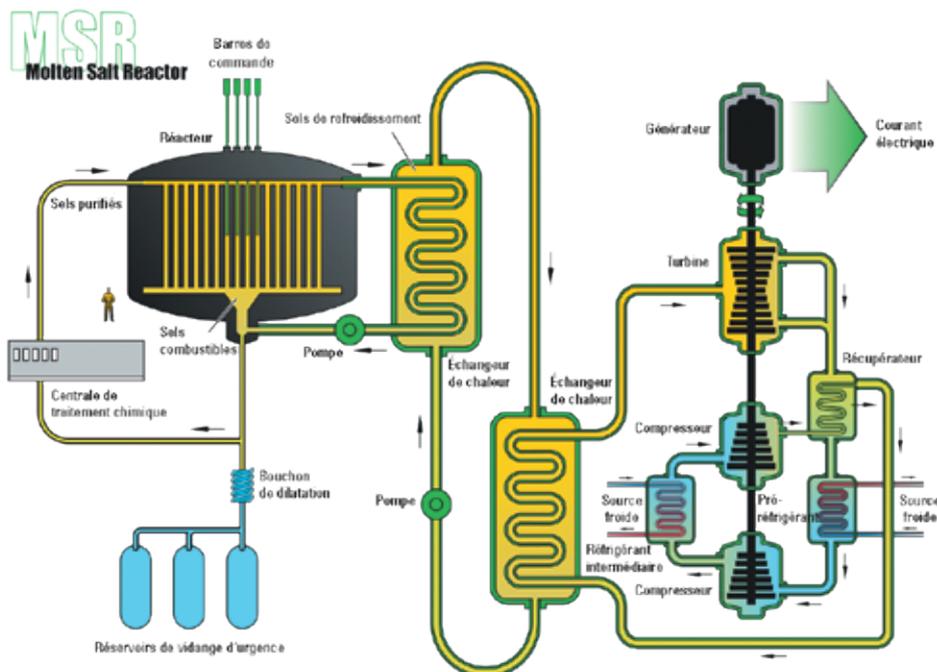
les activités réglementaires en matière de choix de site, de délivrance d'autorisations et de contrôle des nouvelles centrales nucléaires. En 2017, les membres du groupe ont signalé quatre événements dans la Base de données sur l'expérience de construction. Ils ont également décidé que la base de données migrerait vers la base de données de l'IRS dans un futur proche.

Le groupe a élaboré le cinquième volume du rapport intitulé *Report on the Survey of the Design Review of New Reactor Applications*, qui traite du classement des structures, systèmes et composants ; il prépare le sixième volume, qui traite des structures ouvragées de sûreté. En 2017, le groupe a également terminé le premier rapport d'étape de *Regulatory Practices for Passive Safety Systems*, qui a été approuvé à la 37^e réunion du CNRA. En mars 2017, le WGRNR a organisé un atelier à Chester, au Royaume-Uni, sur le contrôle réglementaire des capacités opérationnelles des nouveaux titulaires d'autorisation. Cet atelier était organisé conjointement par le Groupe de travail sur les facteurs humains et organisationnels (WGHOE) et l'Office de réglementation nucléaire (*Office for Nuclear Regulation*) du Royaume-Uni. Les participants à l'atelier ont débattu de questions pluridisciplinaires soulevées lorsqu'un titulaire d'autorisation développe sa capacité organisationnelle et qu'une autorité de sûreté se prépare pour exercer le contrôle réglementaire de celle d'un futur titulaire d'autorisation.

Pratiques d'inspection réglementaire

En 2017, le Groupe de travail de l'AEN sur les pratiques en matière d'inspection (WGIP) a publié son premier rapport triennal sur l'analyse comparative qu'il mène sur les pratiques d'inspection. Ce rapport recense les pratiques recommandables et les enseignements tirés des six exercices de comparaison des pratiques d'inspection qui ont été conduits par le WGIP entre 2013 et 2016. Le groupe a coordonné les exercices réalisés en 2017 en Finlande, avec la participation du Canada, des États-Unis et du Royaume-Uni, et au Royaume-Uni, avec la participation

Réacteur à sels fondus (MSR)
de Génération IV.
US Department of Energy



de l'Allemagne, du Japon et de la République tchèque. En observant la façon dont d'autres pays planifient et réalisent les inspections et les mesures qu'ils prennent pour faire appliquer la réglementation, les pays membres contribuent à l'amélioration générale des techniques d'inspection. Le WGIP a également commencé la préparation du prochain exercice de comparaison, qui aura lieu au Canada en 2018. Il poursuit aussi les préparatifs pour le prochain atelier international qui se tiendra en Allemagne en 2018.

Groupe d'experts ad hoc sur la sûreté des réacteurs avancés

Le Groupe d'experts ad hoc de l'AEN sur la sûreté des réacteurs avancés (GSAR) réfléchit aux enjeux réglementaires d'une sélection de conceptions de réacteurs avancés et identifie notamment les besoins de recherche en sûreté. Il concentre son travail sur la prévention et les mesures d'atténuation des accidents graves, la neutronique et la sûreté-criticité, ainsi que les codes analytiques et la qualification des combustibles. Le projet final du rapport technique sur la prévention et les mesures d'atténuation des accidents graves a été rédigé et débattu en octobre 2017. Les membres du GSAR examinent les commentaires de l'autorité de sûreté des États-Unis (*Nuclear Regulatory Commission*) et finaliseront leur rapport d'ici à avril 2018. Trois autres projets de rapports sont en cours de finalisation en vue de leur publication en 2018. En 2017, les membres du GSAR ont également débattu des commentaires à formuler sur les Principes de sûreté pour la conception élaborés par le Forum international Génération IV (GIF) en ce qui concerne la démarche de sûreté et les conditions de conception des systèmes RNR-Na de génération IV. Ces commentaires ont été transmis au GIF à la réunion d'octobre 2017.

En 2017, le CNRA et le CSNI ont décidé de faire de ce groupe ad hoc le Groupe de travail sur la sûreté des réacteurs avancés (WGSAR).

Systemes de contrôle-commande numériques

Le Groupe de travail de l'AEN sur l'instrumentation numérique et le contrôle-commande (WGDIC) a été créé sous l'égide du CNRA en 2017 pour poursuivre les travaux effectués auparavant par le Programme multinational d'évaluation des conceptions. Le WGDIC traitera des questions réglementaires associées à l'utilisation des technologies numériques dans les installations nucléaires existantes et nouvelles. Sa première réunion aura lieu en 2018.



Contact :
Ho Nieh
Chef de la Division des technologies et
de la réglementation de la sûreté nucléaire
+33 (0)1 45 24 11 58
ho.nieh@oecd.org

Projets communs

► Recherche en sûreté nucléaire

Projet Halden

Mis en place en 1958 et piloté par l'Institut norvégien de technologie énergétique (IFE), le projet de réacteur de Halden est le plus vaste des projets en cours de l'AEN. Il mobilise un important réseau international d'expertise technique dans la fiabilité des combustibles nucléaires, l'intégrité des internes de réacteurs, les systèmes de contrôle et de surveillance des installations et les facteurs humains. Il consiste, pour l'essentiel, à réaliser des expériences, des prototypes de produits et des analyses sur le site de Halden (Norvège). Environ 130 organismes de 20 pays concourent à l'exécution de ce projet, qui bénéficie d'une organisation stable et éprouvée ainsi que d'une infrastructure technique fortement transformée au fil des années. Les objectifs sont régulièrement adaptés aux besoins des utilisateurs.

À Halden, des essais sont réalisés en continu sur des combustibles à haut taux de combustion en conditions d'accident de perte de réfrigérant primaire (APRP). C'est le seul endroit au monde où des essais concernant ce type d'accident sont effectués en pile ; ils viennent compléter les recherches menées en laboratoire, principalement au Japon et aux États-Unis.

Le projet a permis d'étudier l'irradiation prolongée de combustibles nucléaires actuels et avancés à une puissance initiale élevée, ainsi que le comportement de différents alliages à la corrosion et au fluage. Le programme expérimental consacré aux effets des variations de la chimie de l'eau sur les combustibles et les internes de réacteurs se poursuit, de même que les essais destinés à analyser la fissuration des matériaux des internes de réacteurs à eau bouillante et à

eau pressurisée, afin de caractériser les effets de la chimie de l'eau et du vieillissement de ces matériaux. Le projet Halden contribue également à la recherche internationale sur les technologies de 4^e génération, dans le domaine du développement et des essais sur les matériaux.

S'agissant des facteurs humains, le programme a essentiellement porté sur des expériences réalisées dans le Laboratoire d'étude de l'interface homme-machine de Halden, le dépouillement des données correspondantes, l'étude des nouvelles conceptions de postes de commande, l'évaluation des interfaces homme-système, l'optimisation des procédés et l'instrumentation, de même que l'étude des systèmes de contrôle-commande numérique. Les expériences ont lieu, notamment, dans le laboratoire de réalité virtuelle de Halden. Les connaissances progressent également

dans le domaine de l'évaluation probabiliste de la fiabilité humaine (EPFH), dont l'objet est de fournir des données utiles à la réalisation d'études probabilistes de sûreté et de renforcer la validité des méthodes.

La phase actuelle du projet de réacteur Halden s'est terminée à la fin de 2017. En décembre 2017, le processus officiel de signature de l'accord concernant la prochaine phase de trois ans, de 2018 à 2020 a commencé. Le programme sur les combustibles et les matériaux se poursuit avec des travaux sur la sûreté du combustible et les marges d'exploitation, ainsi que sur le vieillissement et la dégradation des installations. Le programme sur l'homme, la technologie et l'organisation poursuit ses recherches sur les facteurs humains, le contrôle commande numérique, la maintenance, la mise à l'arrêt et le démantèlement.

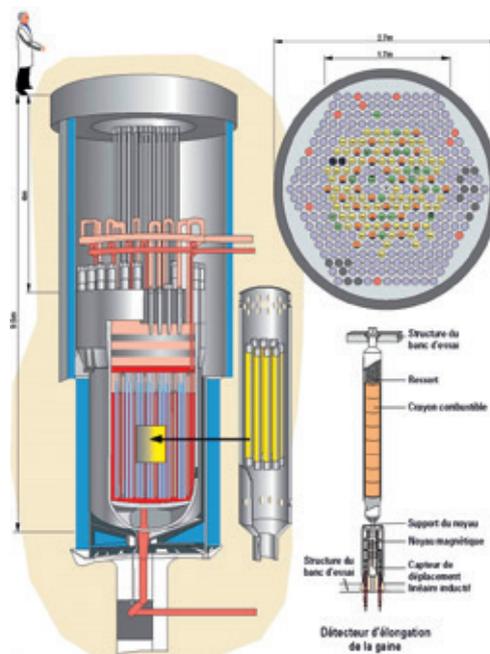


Illustration du réacteur de Halden avec une coupe transversale du cœur (en haut à droite) et indiquant comment un crayon de combustible instrumenté (en bas à droite) est placé dans le réacteur.

Institute for Energy Technology, Norvège

Projet ATLAS

L'installation de simulation d'accidents à l'aide d'une boucle avancée d'essais thermohydrauliques (ATLAS), située en Corée, permet de réaliser des expériences intégrales sur la thermohydraulique des réacteurs à eau légère avancés. Mise en service en 2006, elle sert à tester des situations d'accident hors dimensionnement depuis 2012.

La phase 2 du projet ATLAS porte sur des domaines choisis par les participants notamment parce qu'ils sont intimement liés à la sûreté des centrales nucléaires actuelles et futures. Les domaines suivants seront étudiés :

- capacité de refroidissement à long terme en cas d'obstruction partielle du cœur ;
- refroidissement passif du cœur par ajout d'eau borée en cas de perte totale des alimentations électriques, et accident de perte de refroidissement primaire (APRP) dû à une petite brèche ;
- APRP dû à une brèche intermédiaire, avec détermination des tailles de brèches fondée sur le risque ;

Vue de la boucle d'expérimentation ATLAS.
KAERI, Corée



- scénarios de défaillances multiples, comme une rupture d'une conduite de vapeur suivie d'une rupture d'une conduite de générateur de vapeur, et capacité de refroidissement du cœur sans système de refroidissement du réacteur à l'arrêt.
- réalisation d'essais « ouverts » (c'est-à-dire dont les résultats seront en accès libre) analogues aux essais intégraux pour étude des questions d'extrapolation.

Le programme expérimental est conçu pour permettre un essai ouvert qui devra être défini avec les membres du projet et portera sur des domaines pertinents en matière de sûreté, notamment ceux mentionnés ci-dessus. Il a pour objectif la création d'une base de données d'expériences intégrales qui sera utilisée pour valider les capacités prédictives des codes de calcul et l'exactitude des modélisations. Ce programme, et les analyses qui l'accompagnent, contribuera à la création d'un groupe au sein des pays membres de l'AEN qui ont en commun la nécessité de préserver et d'améliorer les compétences techniques en thermohydraulique pour évaluer la sûreté des réacteurs nucléaires.

La phase 2 du projet ATLAS courra d'octobre 2017 à septembre 2020. Elle bénéficie de l'appui des organismes de sûreté et de l'industrie des pays suivants : Allemagne, Belgique, Chine, Corée, Émirats arabes unis, Espagne, États-Unis, France, République tchèque et Suisse.

BIP

Le projet sur le comportement de l'iode (BIP) se déroule dans les installations de Canadian Nuclear Laboratories (CNL, antérieurement EACL) avec le concours de 13 pays membres. Il a démarré en septembre 2007. La phase 1 (BIP-1) s'est achevée en 2011 et la phase 2 (BIP-2) en 2015.

Un projet triennal intitulé BIP-3, soutenu par 11 pays, a été lancé en janvier 2016 en vue de répondre à une partie des questions soulevées par BIP-1 et BIP-2, qui avaient été consacrés à l'étude des interactions entre l'iode et la peinture (notamment l'absorption de l'iode par la peinture et

la production et la libération d'iodures organiques en phase d'irradiation). Si les surfaces peintes constituent un très important puits à iode dans le cadre du confinement, elles représentent également une voie de conversion de l'iode moléculaire en iode organique, qui se laisse moins facilement capturer avec les méthodes conventionnelles de filtration de l'iode (charbons, séparateurs par voie humide). Les objectifs techniques du BIP-3 sont les suivants :

- réaliser des expériences qui répondront aux questions en suspens et améliorer les simulations des résultats de BIP et du projet d'Évaluation et de mitigation du terme source (Source Term Evaluation and Mitigation – STEM), notamment en accroissant la capacité de simulation de l'absorption et de la désorption de l'iode sur les surfaces de confinement ; prédire le comportement de l'iode organique (formation et dégradation) dans des conditions accidentelles ; et étudier les effets du vieillissement des peintures sur ces processus ;
- approfondir l'étude des effets des contaminants (protoxyde d'azote ; chlore et autres contaminants potentiels) ;
- partager des stratégies de simulation impliquant tous les partenaires, en comparant les codes de calcul, par exemple.

Des progrès très importants ont été accomplis en 2017 sur les expériences concernant l'absorption et la désorption de l'iode et la formation d'iodure de méthyle. Les essais réalisés ont fourni des informations sur les effets de l'irradiation sur la dégradation du méthane et sur les effets du vieillissement des peintures et de l'épaisseur de la couche de peinture sur les dépôts d'iode. Les projets STEM et BIP ont des liens scientifiques forts, dans la mesure où leurs objectifs sont complémentaires et nombre de leurs partenaires sont communs.

BSAF

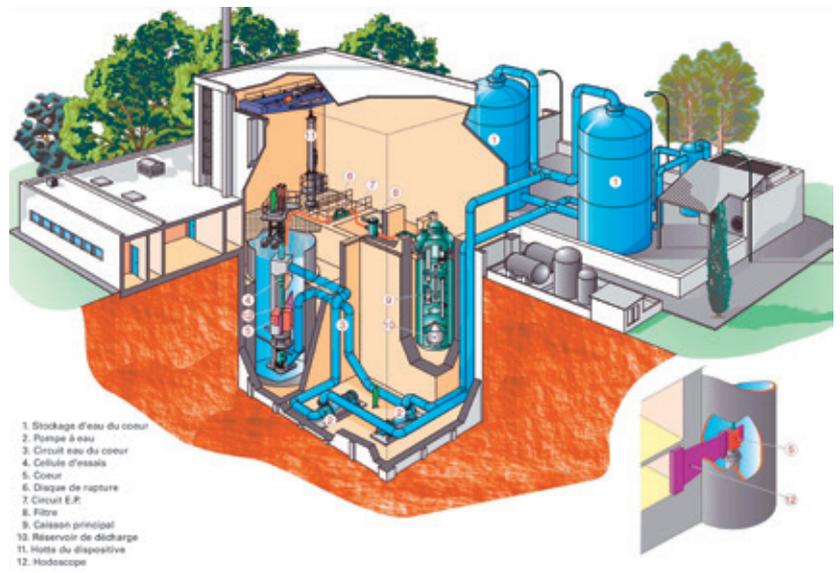
Le projet d'étude comparative de l'accident de la centrale nucléaire de Fukushima Daiichi (BSAF) a été lancé en 2012 par huit pays membres de

Réacteur Cabri avec le schéma de la boucle à eau.
IRSN, France

l'AEN pour améliorer les codes de calcul des accidents graves et permettre une analyse approfondie de la progression de l'accident et de l'état actuel du cœur en vue de la préparation de l'évacuation des débris de combustible dans le cadre des projets de R-D relatifs aux actions à mener à moyen et long terme pour le démantèlement de la centrale de Fukushima Daiichi.

Mené au Japon et rassemblant des experts internationaux, le projet vise à mieux comprendre les comportements en situation d'accident grave observés spécifiquement lors de l'accident de Fukushima Daiichi, et à améliorer les méthodes et les codes de modélisation de ces comportements.

Cet exercice de comparaison de l'AEN se déroule en plusieurs phases. La première d'entre elles, achevée en 2015, a été consacrée à une analyse intégrale des conditions dans les tranches 1 à 3 de la centrale de Fukushima Daiichi à l'aide des actuels codes de calcul intégraux des accidents graves, sur une période d'environ six jours à compter de la survenue du séisme. Cette phase a aussi donné lieu à une analyse intégrale de plusieurs phénomènes clés tels que le transitoire initial, l'échauffement du cœur, la fusion du cœur, le rejet de produits de fission issus du combustible, l'état du cœur – notamment le comportement des débris et l'interaction entre les débris fondus et le béton. La phase 2 du projet BSAF a commencé en 2015, avec une participation portée à 11 pays membres de l'AEN. Le périmètre d'analyse recouvre désormais une période de trois semaines environ après l'accident, ainsi que le comportement des produits de fission dans les bâtiments des réacteurs et les rejets sur le site et au-delà. La 5^e réunion de la phase 2 s'est tenue en juillet 2017 à Tokyo. Y ont été partagées les dernières estimations relatives à l'état de la centrale et les dernières observations concernant les réacteurs endommagés. Les participants ont débattu des résultats des calculs préliminaires et de la coopération avec d'autres activités de recherche post-Fukushima menées par l'AEN. Un atelier commun a été organisé en parallèle pour faire le point sur la situation de la centrale et sur les activités de démantèlement, mais



aussi pour des discussions prolongées sur l'estimation et l'évaluation des scénarios accidentels, les débris de combustible et la dispersion des produits de fission (tranches 1, 2 et 3).

CIP

Le projet international Cabri (CIP) vise à étudier la capacité des combustibles à haut taux de combustion des réacteurs à eau pressurisée (REP) à résister aux fortes excursions de puissance susceptibles de se produire à l'intérieur des réacteurs du fait d'une augmentation soudaine de la réactivité dans le cœur (accidents de réactivité). Ses participants, issus de 12 pays membres, cherchent à déterminer les limites au-delà desquelles il y aurait rupture de gaine et les conséquences potentielles de l'éjection de combustible dans le milieu caloporteur. Différents matériaux de gainage et types de combustible sont étudiés. Le projet est dirigé et géré par l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN), et son volet expérimental est exécuté dans le réacteur Cabri, qui appartient au Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives (CEA), situé à Cadarache (France). L'installation est exploitée par le CEA et financée par l'IRSN. Les laboratoires des organismes participants peuvent également prêter leur concours, notamment en matière de fabrication et de caractérisation du combustible, mais aussi d'instrumentation. Les essais Cabri sont complétés par des essais sur des accidents de radioactivité réalisés au Japon par l'Agence de l'énergie atomique du Japon (JAEA), au titre de sa contribution en nature, avec du combustible pour réacteurs à eau bouillante (REB) et REP et avec circulation de réfrigérant froid et chaud.

En octobre 2015, après 13 années de travaux de rénovation de grande ampleur financés par l'IRSN, le réacteur d'expérimentation Cabri a atteint la criticité à faible puissance. Les essais à faible puissance menés d'octobre 2015 à juin 2016 ont permis une caractérisation complète du cœur. La qualification du matériel expérimental a été réalisée en 2015-2016 et a porté en particulier sur le poste d'imagerie, l'appareil de mesure par spectroscopie et l'hodoscope, qui a enregistré ses premiers neutrons. La qualification de la boucle à eau sous pression a été conduite à 280 °C et 155 bars. L'exploitation à forte puissance (23 MW) a débuté au cours du dernier trimestre de 2016. Cet essai s'inscrivait dans les essais de mise en service qui se sont poursuivis au premier trimestre de 2017, avec des transitoires de puissance atteignant 20 GW. Les essais de la phase finale concernant les transitoires de puissance dus à une injection de réactivité se sont achevés en 2017 et ont compris soixante-six transitoires de puissance de durées et de magnitudes différentes. À la fin du mois de mai 2017, Cabri a présenté à l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) une demande d'autorisation pour réaliser le premier essai dans la boucle à eau, qui devrait avoir lieu au début de 2018. En préparation de ce premier essai, un crayon de combustible d'essai (combustible MOX avec un gainage en Zr-4 et un taux de combustion de 47 GWj/t) a été placé dans l'installation expérimentale en septembre 2017 et subira des pré-examens non destructifs (rayons X et exploration gamma).

À la fin de 2017, la procédure officielle a été entamée pour obtenir le consentement écrit de chacun des partenaires en faveur d'une prolongation du projet pour trois ans, jusqu'en mars 2021.

La cuve sous pression du réacteur PANDA.
Institut Paul Scherrer, Suisse



Projet HEAF

Dans les centrales nucléaires du monde entier, les appareils de protection et de coupure peuvent être le siège de fortes décharges électriques, ou arcs électriques (*high energy arcing faults* – HEAF). Ces incidents sont en augmentation du fait du vieillissement des équipements et de la hausse de la demande d'énergie. Lancé en 2012 pour une durée prévue de trois ans, le projet HEAF vise à conduire des expériences minutieusement conçues afin d'obtenir des données scientifiques sur les feux induits par des arcs électriques. La phase 1 du projet s'est achevée en 2016, et un rapport décrivant tous les essais et les données générées a été rédigé. Ce rapport recommande des essais dans d'autres domaines.

En février 2017, un exercice PIRT (tableau international de classement et d'identification des phénomènes) a été réalisé pour identifier les phénomènes les plus importants et pour lesquels les connaissances concernant les arcs électriques sont les plus faibles. Cet exercice a identifié, à titre provisoire, l'oxydation de l'aluminium, les effets de pression, les caractéristiques des structures cibles et des facteurs de mitigation (par ex. les boucliers contre les arcs électriques) comme des domaines d'intérêt pour la phase 2 du projet HEAF. Des discussions sont en cours avec les représentants de 12 pays pour lancer la deuxième phase du projet, qui doit commencer au début de 2018.

Projet HYMERES

Le projet sur les expériences de mitigation de l'hydrogène pour la sûreté des réacteurs (HYMERES) a été lancé en 2013 en vue d'approfondir les connaissances sur la phénoménologie du risque hydrogène dans l'enceinte de confinement et d'améliorer la modélisation du comportement de l'hydrogène dans les évaluations de sûreté réalisées pour les centrales nucléaires actuelles et futures. Il est expressément destiné à l'étude de sujets qui revêtent une importance cruciale pour la sûreté des centrales nucléaires actuelles et futures. Il permet d'explorer les paramètres à mesurer, les configurations et les

échelles et, partant, d'obtenir des données plus utiles pour l'amélioration des codes.

Les spécificités et complémentarités de l'installation suisse d'essais intégraux PANDA et de l'installation française d'étude de la thermohydraulique du cœur MISTRA, qui diffèrent par la taille et la configuration, et le fait qu'elles disposent toutes deux d'une instrumentation complète en termes de résolution tant spatiale que temporelle, permettent d'obtenir des données expérimentales de qualité. Ces données peuvent servir à améliorer les capacités de modélisation des codes multidimensionnels et multicompartiments avancés employés pour prédire les conditions thermohydrauliques post-accidentelles dans les enceintes de confinement, et ainsi leur fiabilité dans les analyses de centrales. Les exploitants pourraient également envisager de conduire d'autres expériences pour répondre aux demandes particulières des participants.

La première phase du projet HYMERES a été achevée à la fin de 2016. En juillet 2017, la deuxième phase a commencé, et une première réunion a été tenue en octobre 2017. Au total, dix pays – Allemagne, Chine, Corée, États-Unis, Espagne, Finlande, Japon, République tchèque, Russie et Suisse – continuent leurs recherches communes pour améliorer et valider les codes de sûreté simulant les conditions dans les enceintes de confinement dans des scénarios accidentels.

Pendant la phase 2 du projet, les conditions thermohydrauliques post-accidentelles dans les enceintes de confinement sont étudiées au moyen d'expériences réalisées en Suisse dans l'installation PANDA. Le programme de travail se concentre sur quatre thèmes principaux : obstructions ayant des conséquences sur le flux et structures internes de confinement, transfert thermique rayonnant, piscine de suppression de pression, et systèmes REB et réalisation des opérations relatives à la sûreté.

Projet LOFC

À la suite d'une recommandation du Groupe de travail du CSNI sur les

installations expérimentales pour les réacteurs avancés (TAREF) relative aux études de sûreté des réacteurs refroidis au gaz, le projet sur la perte du refroidissement en convection forcée (LOFC) a débuté en avril 2011 avec sept pays participants. Les expériences de perte de la convection forcée que l'on prévoit pour étudier les effets de la dégradation du fonctionnement du circuit de refroidissement de secours du cœur (RCCS) sont parfaitement adaptées aux évaluations de la sûreté de réacteurs avancés tels que les réacteurs à haute température (RHT). Le projet est pour l'instant interrompu. Le redémarrage du réacteur devrait avoir lieu au cours de l'exercice budgétaire 2019.

Le projet LOFC consiste à réaliser des essais intégraux à grande échelle de perte de refroidissement en convection forcée dans le réacteur HTTR, afin d'étudier les caractéristiques de sûreté des réacteurs à haute température refroidis au gaz (HTGR) à l'appui des activités des autorités de sûreté, et de recueillir des données utilisables pour valider les codes et améliorer la précision des simulations. Le programme expérimental vise à obtenir des données expérimentales pour :

- mieux comprendre le transitoire suivi d'une défaillance de l'arrêt automatique du réacteur (ATWS) lors d'une perte de la convection forcée avec recriticité ;

- valider les aspects les plus importants de la sûreté dans les domaines de la cinétique du réacteur, de la physique du cœur et de la thermohydraulique ;
- vérifier la capacité des codes de simuler le couplage de phénomènes relevant de la physique du cœur et de la thermohydraulique.

Aucune réunion ne s'est tenue en 2017, et aucune réunion n'aura lieu tant que le redémarrage n'aura pas été confirmé.

Projet PKL

Le programme d'essais PKL-4 porte sur les questions de sûreté relatives aux REP actuels ou de conception nouvelle et est axé sur les mécanismes complexes d'échange thermique dans des conditions d'écoulement diphasique, les processus de dilution et de précipitation du bore et les procédures de refroidissement. Ces questions sont étudiées au moyen d'expériences de thermohydraulique qui seront réalisées dans l'installation de Primärkreislauf

PKL (boucle d'essai sur le réfrigérant primaire). L'installation située à Erlangen (Allemagne) est détenue et exploitée par Areva NP, qui y a mené pendant plusieurs années des expériences sur la thermohydraulique des réacteurs, dont certaines ont été réalisées dans le cadre du Groupe d'experts sur la recherche en sûreté (SESAR) du CSNI, du projet thermohydraulique (SETH) (2001-2003), du projet PKL-1 (2004-2007), du projet PKL-2 (2008-2011) et du projet PKL-3 (2012-2016), qui comprenait des essais réalisés sur l'installation PMK de Budapest, en Hongrie et sur l'installation PACTEL de Lappeenranta, en Finlande.

Le programme actuel prévoit également la réalisation d'essais dans les installations PMK et PACTEL. Le projet PKL-4 a débuté le 1^{er} juillet 2016 et se terminera le 30 juin 2020. Il se concentrera sur 1) les études paramétriques des procédures thermohydrauliques pour le développement et la validation de codes de calcul des systèmes thermohydrauliques et 2) la vérification expérimentale des procédures de refroidissement et des modes d'exploitation pour différents incidents et accidents.

La première catégorie d'essais concerne des domaines de la sûreté actuels pour lesquels il manque une base de données dédiée pour l'analyse et la validation des codes de calcul, ou pour lesquels l'évaluation de la sûreté souffre d'incertitudes du fait de questions restées sans réponses. Le but premier des expériences de la première catégorie est d'inclure les bases de données existantes sur ces sujets. La seconde catégorie d'expériences contient surtout des essais de transitoires, soit sur des sujets déjà étudiés lors des précédents projets OCDE/PKL en réponse à des questions auxquelles on ne pouvait apporter de réponse définitive, soit sur des sujets qui alimentent le débat international sur la sûreté des REP. Dans le cadre du programme, il est également envisagé de réaliser des essais complémentaires sur les installations PMK et PWR PACTEL. Enfin, deux sujets d'expérience doivent encore être définis par les partenaires du programme en fonction des résultats d'expériences précédentes (soit un

essai de validation, soit un essai correspondant à des demandes spécifiques des participants).

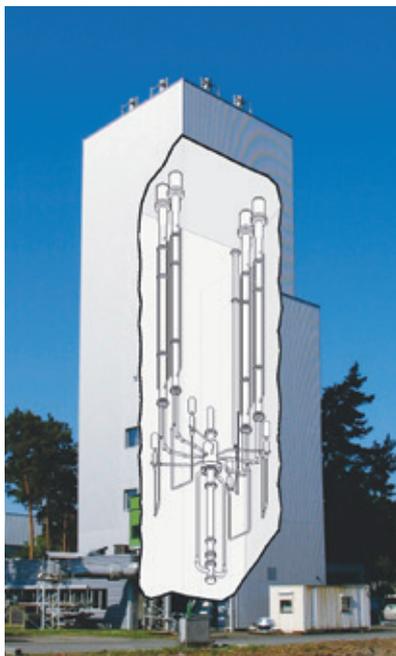
Le projet PKL-4 concerne la période juillet 2016 - juin 2020 et est soutenu par des organismes de sûreté, des laboratoires de recherche et l'industrie des 14 pays suivants : Allemagne, Belgique, Chine, Corée, Espagne, États-Unis, Finlande, France, Hongrie, Japon, République tchèque, Russie, Suède et Suisse. Deux essais APRP ont été réalisés en 2017. Le premier concernait les effets du nitrogène sur l'évacuation de la chaleur en cas d'APRP dû à une petite brèche, et le second a fourni des données sur les APRP dus à une brèche intermédiaire, aux fins de comparaison avec des essais réalisés dans des configurations similaires dans des installations à grande échelle et dans la boucle ATLAS.

Projet PREADES

L'étude préparatoire à l'analyse des débris de combustible (PreADES) est l'un des deux projets à court terme recommandés par le Groupe d'experts sur les opportunités de recherche en sûreté post-Fukushima (SAREF). Les objectifs principaux de PreADES sont de recueillir des informations en vue d'améliorer les connaissances et les méthodes de caractérisation des débris de combustible qui permettront de réaliser des échantillonnages de débris de combustible des tranches 1 à 3 de Fukushima Daiichi, d'identifier les besoins pour les analyses de débris de combustible qui contribueront au démantèlement de la centrale de Fukushima Daiichi et à l'approfondissement des connaissances sur les accidents graves, et de préparer un futur cadre international de R-D sur l'analyse des débris de combustible.

À la suite de la réunion technique préparatoire sur les projets à court terme de SAREF organisée à Paris par l'Autorité de réglementation nucléaire du Japon, la réunion préliminaire du projet PreADES s'est tenue en juillet 2017 à Fukushima et à Tokyo. Elle a permis de discuter des détails du programme de travail proposé par l'Agence de l'énergie atomique du Japon (JAEA). La réunion de lancement est prévue pour le début de 2018.

Installation d'essai PKL.
Areva, France



L'installation DIVA de l'IRSN pour l'étude de la propagation des incendies.
IRSN, France

Projet PRISME

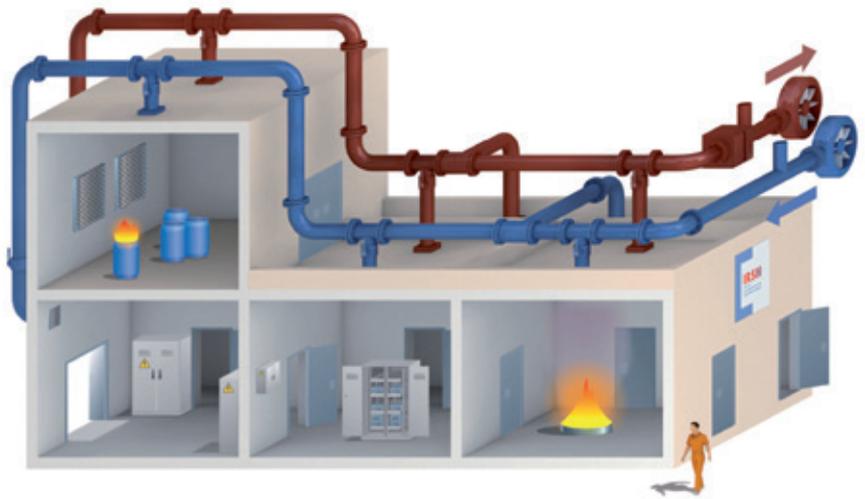
L'incendie peut contribuer de manière significative à la fréquence globale d'endommagement du cœur, dans les centrales de conception aussi bien ancienne que nouvelle. Certaines questions techniques relatives aux études probabilistes de sûreté-incendie (EPS incendie) restent à étudier : la propagation de la chaleur et des fumées à travers une ouverture horizontale entre deux locaux superposés, la propagation d'un incendie sur des sources de feu réelles comme des chemins de câbles et des armoires électriques ; et l'évaluation des performances de divers systèmes d'extinction d'incendie.

La phase 2 du Projet de propagation d'un incendie pour des scénarios multi-locaux élémentaires (PRISME), lancée en juillet 2011, a atteint son terme au début de 2017. Un rapport de synthèse a été publié. Il décrit les contributions du projet PRISME à la compréhension de la propagation de la chaleur et des fumées dans des locaux comptant plusieurs pièces, sur les effets de la sous-ventilation sur le comportement d'un incendie, sur les conséquences des buses d'aspersion et sur le comportement des câbles électriques et des armoires soumises au feu.

L'accord concernant une troisième phase du projet a été signé par huit pays et recouvre la période 2017-2021. L'objectif est d'élucider certaines inconnues concernant la propagation de la chaleur et des fumées à l'intérieur d'une installation, en réalisant des expériences spécialement conçues pour valider les codes, principalement dans l'installation DIVA de l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN), à Cadarache (France). La troisième phase aura pour objectif principal de fournir des informations sur la stratification des fumées et sur la propagation, sur la propagation des incendies touchant les câbles et les armoires électriques.

SCIP

Le premier mandat du projet Studsvik sur l'intégrité des gaines de combustible (SCIP), exécuté sur cinq ans de juillet 2004 à juillet 2009, a comporté



un programme d'expérimentation en cellule chaude avec plusieurs transitoires de puissance destiné à l'étude de différents mécanismes de rupture des gaines de combustible nucléaire. Le projet SCIP-2 a démarré en juillet 2009, avec la participation de 13 pays (soit deux de plus qu'à la première phase). Son principal objectif était de produire les données expérimentales de qualité dont on avait besoin pour approfondir la compréhension des mécanismes prédominants de rupture des combustibles des réacteurs à eau et pour concevoir des moyens de réduire ces ruptures. Outre un examen des données déjà collectées sur les rampes de puissance, il a comporté l'étude des mécanismes de rupture de gaine suivants :

- interaction pastille-gaine, cause mécanique des ruptures dues à l'interaction pastille-gaine et induites par l'hydrogène ;
- interaction pastille-gaine, notamment en cas de rupture de gaine par fissuration due à la corrosion sous contrainte ;
- ruptures induites par l'hydrogène, notamment pour les alliages de zirconium.

Le mandat du projet SCIP-2 s'est achevé en juin 2014 et un rapport final a été produit pour les membres, ainsi qu'un rapport de synthèse pour diffusion auprès d'un plus large public. Une troisième phase du projet a démarré en juillet 2014 et durera jusqu'en juin 2019. La Chine a rejoint SCIP-3 en 2016. Les campagnes d'expérimentation du projet SCIP-3 ont bien progressé en 2017, puisqu'il ne restait que quelques expériences à réaliser à la fin de 2017. Les résultats obtenus ont permis de réaliser des analyses en profondeur et de tirer les premières conclusions préliminaires

(par ex. concernant un taux de combustion plancher pour la fragmentation fine du combustible). En novembre 2017, le quatrième atelier de modélisation du SCIP a été organisé à Studsvik. Huit organisations y ont présenté leurs démarches respectives.

Les objectifs de la phase 3 sont les suivants :

- déterminer les paramètres qui ont une influence sur la fragmentation et la dispersion du combustible en cas d'APRP ;
- analyser les conséquences des pointes anormales de température de la gaine et des transitoires dans des conditions de manipulation et d'entreposage des crayons combustibles ;
- étudier l'impact des transitoires de puissance sur le risque d'une rupture liée à l'interaction pastille-gaine ;
- appuyer le développement et la vérification des modèles.

Projet STEM

Le projet sur l'Évaluation et la mitigation du terme source (STEM) a été lancé en 2011 pour progresser dans l'évaluation générale du terme source des produits de fission pour les accidents de réacteurs mettant en jeu deux produits de fission importants : l'iode et le ruthénium. Il était soutenu par sept pays et conduit dans les installations de l'IRSN à Cadarache (France). La phase 1, qui s'est terminée en 2015, a été consacrée à l'étude de trois problèmes principaux : des expériences sur un rejet d'iode radioactif dû à l'irradiation d'aérosols porteurs d'iode qui contribuerait au terme source à moyen et long terme dans une enceinte de confinement ; un dépouillement de la littérature axé sur les interactions entre l'iode et les



Le projet STEM:
L'installation d'essai START (à gauche) et le creuset d'alumine (à droite) avec de la poudre de RuO₂ dans le tube de quartz.

IRSN, France

peintures, et des expériences sur le transport de ruthénium volatil dans les tuyauteries. Une nouvelle phase de 4 ans, soutenue par huit pays, STEM-2, a débuté en janvier 2016. Elle a pour objectif la réalisation d'études expérimentales relatives à l'iode et au ruthénium. Un nouveau pays a rejoint le projet en 2017 et un autre va bientôt s'y ajouter.

Les études suivantes sont menées sur l'iode :

- évaluer dans quelle mesure la cinétique des rejets d'iode moléculaire ou organique peut être modifiée par la dose reçue par la peinture avant et pendant un accident, dans la mesure où le vieillissement des peintures par le rayonnement, notamment à forte dose, peut entraîner des modifications chimiques importantes de la peinture ;
- mesurer la production d'iode organique et moléculaire (gaz/vapeur), et étudier l'influence de la dose, de la température et notamment de taux supérieurs d'humidité sur la décomposition radiolytique des oxydes d'iode (particules solides) ;
- expliquer l'oxydation radiolytique d'aérosols iodés à composants multiples représentatifs qui seraient produits dans le système primaire et entraîneraient la production d'iode volatil ;
- évaluer la décomposition des oxydes d'iode par le monoxyde de carbone et/ou l'hydrogène, conduisant à la production d'iode volatil.

En 2017, des progrès satisfaisants ont été réalisés dans les expériences portant sur les interactions des composés iodés avec les peintures anciennes ou le monoxyde de carbone.

En ce qui concerne le ruthénium, des expériences réalisées dans des

conditions plus représentatives que celles utilisées dans le projet STEM sont réalisées sur des simulations de transport du ruthénium dans le circuit primaire en conditions accidentelles. En particulier, cela signifie une plus grande représentativité de la surface de dépôt (par ex. acier inoxydable corrodé), l'utilisation de conditions d'oxydation plus sévères telles que celles induites par les produits de radiolyse de l'air (comme l'ozone et les oxydes nitreux), et de polluants gazeux et/ou aérosols plus représentatifs (particules de matière fissile, aérosols d'argent, dépôts d'aérosol) pouvant influencer considérablement le comportement du ruthénium. Le programme d'expérimentation progresse de manière satisfaisante.

Les projets STEM et BIP ont des liens scientifiques forts, dans la mesure où leurs objectifs sont complémentaires et nombre de leurs partenaires sont communs.

Projet THAI

La phase 2 du projet sur le comportement de l'hydrogène et des produits de fission (THAI) s'est terminée en 2015. Une nouvelle phase d'une durée de trois ans et demi, THAI-3, a commencé en janvier 2016, et de nouvelles expériences sont conduites dans l'installation THAI exploitée par Becker Technologies GmbH en Allemagne. L'installation a été modifiée et comprend désormais un second réservoir, plus étroit que le premier, qui est connecté par tuyauterie au haut et au bas du réservoir originel et permet de faire circuler des flux. L'accord concernant la phase 3 a été distribué pour signature en 2015 à 12 pays membres de l'AEN et à deux pays non membres ; après le retrait de certains participants et l'adhésion de nouveaux, l'accord

a été finalisé à la fin de 2016 avec 14 pays partenaires. En 2017, un nouveau pays s'est joint et un autre s'est porté candidat.

Le projet THAI-3 vise à résoudre certains problèmes spécifiques concernant les aérosols et l'iode dans les réacteurs refroidis à l'eau, ainsi que la mitigation de l'hydrogène en conditions accidentelles. Il tente de répondre à des questions encore non résolues dans les domaines suivants :

- utilisation de recombineurs analytiques passifs (RAP) en conditions d'écoulement à contre-courant ;
- combustion de l'hydrogène et propagation des flammes dans un système à deux compartiments permettant la simulation d'écoulements induits par convection naturelle dans l'enceinte de confinement et d'étudier en particulier l'impact de vitesses d'écoulement plus importantes des gaz non brûlés sur l'accélération des flammes ;
- réentraînement des produits de fission depuis les piscines à des températures élevées correspondant aux phénomènes observés dans les piscines sous pression des REB, rupture du tube du générateur de vapeur en submersion, systèmes de ventilation à filtre humide et scénarios d'accident à long terme d'un REP avec puisard de confinement immergé ;
- remise en suspension de dépôts de produits de fission (iode moléculaire et aérosol) résultant d'une déflagration de l'hydrogène.

Les expériences sur la performance des RAP ont été menées à bien en 2016. En 2017, des avancées satisfaisantes ont été réalisées sur les expériences portant sur le réentraînement depuis les piscines.

► Bases de données en sûreté nucléaire

Projet CADAK

Le projet sur les données et connaissances relatives au vieillissement des câbles (CADAK), lancé en 2011, était un prolongement du volet « vieillissement des câbles » du projet sur la fissuration par corrosion sous contrainte et le vieillissement des câbles (SCAP).

Il se concentrait sur la pertinence du vieillissement des câbles dans le cadre des évaluations de la vétusté des centrales et des répercussions pour la sûreté nucléaire. Sa finalité était d'établir les fondements techniques qui permettraient d'évaluer la durée de vie homologuée des câbles électriques, compte tenu des incertitudes identifiées à l'issue des premiers essais de qualification, et ainsi d'estimer la durée de vie homologuée restante des câbles utilisés dans les centrales nucléaires.

En novembre 2017, en raison d'un manque d'intérêt des pays membres, il a été décidé de mettre fin au projet de base de données à la fin de 2017. Cinq pays avaient participé à la deuxième phase du projet CADAK.

CODAP

Le programme sur le retour d'expérience, la dégradation et le vieillissement des composants (CODAP), lancé en 2011, s'appuie sur deux projets antérieurs de l'AEN : le projet d'échange de données sur les ruptures de tuyauteries (OPDE), conduit de 2002 à 2011, qui a produit une base internationale de données de retour d'expérience sur les tuyauteries applicable aux centrales nucléaires, et le projet sur la fissuration par corrosion sous contrainte et le vieillissement des câbles (SCAP), conduit de 2006 à 2010, qui a évalué la fissuration par corrosion sous contrainte et la dégradation de l'isolant des câbles, ces deux aspects ayant des conséquences sur la sûreté nucléaire et la gestion du vieillissement des centrales.

Les objectifs du projet CODAP sont les suivants :

- recueillir des informations sur la dégradation et les défaillances des composants métalliques passifs du circuit primaire, des internes de la cuve sous pression des réacteurs, des systèmes de sauvegarde et de sûreté ainsi que des circuits auxiliaires (systèmes appartenant aux classes 1, 2 et 3 du code de l'ASME ou à des catégories équivalentes) ainsi que des composants de systèmes non classés « de sûreté » mais importants pour le fonctionnement de l'installation ;
- élaborer des rapports sur des mécanismes de dégradation en étroite coordination avec le Groupe de travail du CSNI sur l'intégrité des composants et des structures (WGIAGE).

À l'issue de la deuxième phase, qui s'étendait sur 2015-2017, la base de données CODAP comprenait 4 900 entrées sur les tuyauteries métalliques dégradées et rompues et sur les composants passifs hors tuyauterie.

Le projet CODAP a finalisé quatre rapports d'analyse d'événements de la base de données. Le dernier rapport sur le retour d'expérience concernant les tuyauteries en sous-sol et enterrées a été finalisé en 2017. Il y est indiqué que la quantité et le type de systèmes de tuyauterie situés en sous-sol varient considérablement d'une centrale nucléaire à une autre. Lorsque les centrales vieillissent, les tuyauteries situées en sous-sol tendent à se corroder et, dans la mesure où elles sont en majeure partie inaccessibles, il peut être compliqué d'évaluer leur intégrité structurelle. Ce rapport présente les résultats d'une enquête portant sur les tuyauteries en sous-sol des pays membres du programme CODAP-PRG.

Le programme CODAP continuera de produire des rapports annuels pour évaluer les événements rassemblés dans la base de données.

Projet FIRE

Le projet d'échange de données sur les incendies (FIRE) a démarré en 2002, et sa quatrième phase, à laquelle participent 14 pays, a débuté en 2016 pour une durée de 4 ans. Il a pour objectif principal de recueillir et d'analyser, à l'échelle internationale, des données sur les incendies survenus dans des environnements nucléaires. Les objectifs spécifiques sont les suivants :

- définir le format d'enregistrement et réunir (grâce à des échanges internationaux) des données d'expérience sur les incendies dans une base de données cohérente sous assurance qualité ;
- recueillir les données sur les incendies et effectuer leur analyse sur le long terme de façon à mieux comprendre la nature des incendies, leurs causes, et les moyens de les prévenir ;
- dégager des enseignements qualitatifs sur les causes premières des incendies, qui pourront être utilisés pour concevoir des méthodes ou des mécanismes destinés à les prévenir ou à en limiter les conséquences ;
- établir un mécanisme efficace de retour d'expérience sur les incendies, notamment en mettant au point des parades telles que des indicateurs pour les inspections fondées sur le risque ;
- enregistrer les caractéristiques de ces incendies afin d'en calculer la fréquence et d'effectuer des analyses de risque.

La structure de la base de données a été bien définie, et tous les pays participants ont pris des dispositions pour collecter et valider les données. Le processus d'assurance qualité est en place et s'est révélé efficace sur le premier jeu de données. Une version actualisée de la base de données, riche aujourd'hui de plus de 490 entrées, est remise aux participants chaque année.

Projet ICDE

Le projet international d'échange de données sur les défaillances de cause commune (ICDE) a pour objet de collecter et d'analyser des données d'exploitation relatives aux défaillances de cause commune (DCC) qui peuvent toucher plusieurs systèmes, dont les systèmes de sûreté. Lancé en 1998, il a été régulièrement prolongé et est dans la phase 7, qui durera de 2015 à 2018, selon les termes de l'accord correspondant.

Le projet ICDE recouvre les défaillances complètes, les défaillances partielles et les amorces de défaillance, ainsi que les composants clés des principaux systèmes de sûreté, tels que les pompes centrifuges, les générateurs diesel, les vannes

motorisées, les soupapes de sûreté, les clapets antiretour, les mécanismes de commande des barres de commande, les disjoncteurs, les composants du système de protection réacteur, de même que les batteries et les capteurs. Ces composants ont été sélectionnés car, selon plusieurs études probabilistes de sûreté, ils constituent d'importants facteurs de risque dans le cas des DCC.

Les enseignements qualitatifs tirés des données permettront de réduire le nombre de défaillances de cause commune qui constituent des facteurs de risque. Les pays membres utilisent ces données dans leurs études de risque nationales. D'autres activités de quantification sont actuellement à l'étude. Des rapports ont été rédigés sur les pompes, les généra-

teurs diesel, les vannes motorisées, les soupapes de sûreté, les clapets antiretour et les batteries. L'échange de données relatives aux appareils de protection et de coupure et aux instruments de mesure du niveau dans les réacteurs est achevé. En 2017, les équipes du projet ICDE ont finalisé un rapport intitulé *Lessons Learnt from Common-Cause Failures of Emergency Diesel Generators*. Il conclut que les causes les plus fréquentes des pannes de générateurs diesel de secours sont liées à des défauts de conception, de fabrication ou de construction.



Forum coordonné par le Secrétariat

Programme multinational d'évaluation des conceptions

Le Programme multinational d'évaluation des conceptions (MDEP) est une initiative multinationale dont la finalité est de mettre au point des approches innovantes permettant de mutualiser les moyens et connaissances des autorités de sûreté nationales qui ont la responsabilité de l'évaluation réglementaire des nouvelles filières de réacteurs nucléaires.

Ses principaux objectifs sont de favoriser la coopération et d'établir des pratiques réglementaires de référence afin de renforcer la sûreté des nouveaux réacteurs. En effet, en collaborant plus étroitement, les autorités de sûreté accroissent l'efficacité et l'efficience des examens réglementaires des conceptions. Les activités de coopération du MDEP s'articulent actuellement autour de groupes de travail dédiés à une conception spécifique.

En 2017, le MDEP a approuvé la création d'un groupe dédié à la conception chinoise HPR1000. Ce groupe deviendra le sixième groupe dédié à une conception spécifique, aux côtés de ceux consacrés à l'EPR, l'AP1000, l'APR1400, l'ABWR et le VVER. Des groupes de travail pluridisciplinaires se consacrent à des problématiques spécifiques. Ainsi, un groupe est dédié à la coopération sur l'inspection des fabricants, et un autre aux codes et normes. Le groupe de travail sur le contrôle-commande numérique a terminé ses activités au sein du MDEP. Il a été transféré vers le Comité sur les activités nucléaires réglementaires (CNRA) de l'AEN en date du 1^{er} janvier 2018. Ces groupes de travail traitent un large éventail de problèmes qui sont susceptibles de se poser dans le contexte de la réglementation de la conception, de la construction et de la mise en service des nouveaux réacteurs.

Grâce à l'engagement constructif et actif des autorités de sûreté membres du programme, l'année a été très productive en termes d'échange d'informations sur des décisions réglementaires et d'enseignements tirés de l'expérience. Les

membres du MDEP sont les autorités de sûreté nucléaire de l'Afrique du Sud, du Canada, de la Chine, de la Corée, des Émirats arabes unis, des États-Unis, de la Finlande, de la France, de la Hongrie, de l'Inde, du Japon, du Royaume-Uni, de la Russie, de la Suède et de la Turquie. En 2017, le Comité stratégique a approuvé l'adhésion de l'autorité de réglementation de l'Argentine, qui est devenue le 16^e membre du MDEP. L'Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA) participe également étroitement aux activités génériques du MDEP afin de garantir leur cohérence avec les exigences et les pratiques internationales.

Faits marquants de 2017

Le MDEP a tenu sa 4^e conférence les 12 et 13 septembre 2017 à Londres, au Royaume-Uni. Plus de 150 participants y ont assisté, représentant des organismes de réglementations nationaux, des organisations internationales, des organismes de normalisation et l'industrie nucléaire. La conférence était organisée en six séances thématiques. Les participants ont convenu de la nécessité de poursuivre les efforts d'harmonisation des codes et normes et le dialogue en vue de s'assurer de la qualité de la chaîne d'approvisionnement, y compris du point de vue de la culture de sûreté. Le retour d'expérience échangé entre les parties prenantes du MDEP permettra de définir les orientations futures et d'adapter la structure du MDEP, tant du point de vue des groupes dédiés aux conceptions que des groupes thématiques.

En 2017, les groupes de travail du MDEP ont été très actifs et ont publié des positions communes et des rapports techniques dans des domaines tels que la comparaison des conceptions (APR1000 et ABWR), les évaluations probabilistes de sûreté (EPR), les approches réglementaires relatives à la prévention et à la mitigation des accidents graves (APR1400, VVER), les

phénomènes d'interaction entre le corium et le béton (APR1400), le comportement des filtres (APR1400) et les démarches réglementaires et les pratiques de contrôle concernant les cuves de réacteur et les composants du circuit primaire (VVER). Le groupe de travail sur le VVER a publié une position commune sur les questions relatives à Fukushima. Enfin, avant d'être transféré vers le CNRA, le groupe de travail sur le contrôle-commande numérique a publié sa 13^e et dernière position commune sur la mise en marche intempestive.

La coopération sur les activités de mise en service est un élément du programme de travail de tous les groupes dédiés à une conception spécifique. Les groupes EPR et AP1000 sont particulièrement actifs dans ce domaine, puisqu'ils supervisent la construction de 11 réacteurs à travers le monde. Pour la première fois, un essai sur tête de série (FPOT) portant sur l'analyse des vibrations des internes de la cuve a été réalisé dans l'EPR de Taishan 1, en Chine. Il a permis d'appliquer la position commune du MDEP sur les essais FPOT publiée en 2016. Des représentants des organismes de réglementation de Finlande, de France et du Royaume-Uni et de titulaires d'autorisation de ces pays ont assisté à une partie de l'essai. Sur la base de leurs observations, les organismes de réglementation n'ont constaté aucun motif fondamental de ne pas considérer la transposition des résultats de l'essai SPOT de Taishan 1 pour les réacteurs de leur pays.

Pour de plus amples informations sur la structure du MDEP et pour consulter les rapports techniques et positions communes mis à la disposition du public, voir www.oecd-nea.org/mdep.

Centrale nucléaire de Barakah,
Émirats arabes unis, mai 2017.
Fourni par Emirates Nuclear Energy
Corporation – ENEC



Aspects humains de la sûreté nucléaire

L'objectif de l'AEN dans ce domaine est d'aider les pays membres dans leurs efforts visant à accroître l'attention et l'intérêt portés aux aspects humains qui ont un impact sur la sûreté nucléaire et qui ont été identifiés comme des éléments critiques à l'origine de tous les accidents survenus dans les centrales nucléaires. Ce domaine traite également des questions liées à une communication efficace avec le public et à l'engagement des parties prenantes dans la sûreté nucléaire, la gestion des déchets ainsi que d'autres thèmes associés. Les agents collaborent étroitement avec tous les comités de l'AEN et les groupes d'experts travaillant dans ce domaine, en particulier le Comité sur la sûreté des installations nucléaires (CSNI), le Comité sur les activités nucléaires réglementaires (CNRA) et le Comité de la gestion des déchets radioactifs (RWMC).



La culture de sûreté de l'autorité de sûreté

Le Groupe de travail sur la culture de sûreté (WGSC) a pour objectif de faciliter l'échange d'informations et le retour d'expérience entre autorités de sûreté. Son objectif premier est de rehausser la culture de sûreté des autorités, de prendre en compte les facteurs qui affectent les cultures de sûreté des titulaires d'autorisation et, plus largement, celles des acteurs du secteur, et de réfléchir aux conséquences de tout cela sur l'efficacité de la réglementation.

Lors de la première réunion du WGSC, tenue en novembre 2017, les membres du groupe ont échangé sur leurs programmes respectifs en matière de culture de sûreté. Les discussions ont fait émerger deux thèmes principaux : le premier est la nécessité d'une réflexion et d'une évaluation

Faits marquants

- Le Comité sur les activités nucléaires réglementaires (CNRA) a approuvé la création d'un Groupe de travail sur la culture de sûreté (WGSC) qui fait office de forum réglementaire à haut niveau et concentre son travail sur l'amélioration de la culture de sûreté des autorités de sûreté. Le WGSC a tenu sa première réunion en novembre 2017.
- En vue de renforcer sa collaboration avec l'Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA), le Groupe de travail de l'AEN sur les facteurs humains et organisationnels (WGHO) a modifié sa tâche portant sur les enseignements tirés de la mise en œuvre des actions post-Fukushima du point de vue des facteurs humains et organisationnels.
- Le Groupe de travail de l'AEN sur la communication des autorités de sûreté nucléaire (WGPC) a terminé son rapport d'ensemble concernant trois ateliers régionaux sur les parties prenantes organisés aux États-Unis, en France et au Japon.
- À la suite de sa réunion annuelle tenue en septembre 2017, le Forum de l'AEN sur la confiance des parties prenantes a tenu un atelier conjoint avec le Groupe d'intégration pour le dossier de sûreté pour étudier les meilleures manières de transmettre des preuves scientifiques sur la sûreté à des parties prenantes non spécialistes.
- L'atelier de mentorat « Joshikai for Future Scientists: International Mentoring Workshop in Science and Engineering » s'est tenu à Chiba, au Japon, où des femmes de science ont donné à des lycéennes japonaises des conseils pour entreprendre des études en sciences et en ingénierie.
- L'AEN a finalisé les préparatifs d'un forum sur la culture de sûreté dans un cadre national, première initiative de ce type qui se déroulera en Suède au début de 2018.

des autorités de sûreté en vue de fournir aux pays membres des conseils pratiques et détaillés sur les manières dont il est possible d'encourager les autorités de sûreté à porter un regard critique sur elles-mêmes ; le second concerne le développement des compétences en matière de culture de sûreté, en vue de promouvoir une culture saine en recommandant l'adoption de bonnes pratiques. Le WGSC va poursuivre son programme de travail pour proposer des outils pratiques et des conseils aux autorités de sûreté.

Le « livret vert » publié par l'AEN en 2016, intitulé *The Safety Culture of an Effective Nuclear Regulatory Body*, montre que « par les priorités qu'ils fixent, les comportements et valeurs qu'ils mettent en avant, le système de gratification qu'ils administrent, la confiance, le contexte et les attentes qu'ils établissent en termes de relations interpersonnelles, de communication et de responsabilité, les

L'atelier de l'AEN sur la participation des parties prenantes à la prise de décision en matière nucléaire, les 17 et 19 janvier 2017, à Paris, en France.



dirigeants ont une influence considérable sur la culture de sûreté d'une organisation ». Se fondant sur cette conscience partagée de l'importance de l'encadrement pour la culture de sûreté, le Comité sur les activités nucléaires réglementaires (CNRA) a organisé en décembre, lors de sa 38^e réunion, un échange sur l'exercice de l'autorité et la culture de sûreté. Le but était de partager les enseignements tirés d'événements spécifiques et de débattre des liens entre culture de sûreté et autorité dans la relation qui lie les autorités de sûreté aux exploitants nucléaires. L'une des observations fondamentales a été que le contrôle de la culture de sûreté présente des difficultés particulières pour les autorités de sûreté. En effet, il ne leur est pas toujours facile de définir leurs rôles, responsabilités et limites quand elles doivent montrer aux exploitants la voie à suivre en matière de culture de sûreté. L'AEN continuera de soutenir ses pays membres dans ce domaine au travers des travaux du WGSC.

Facteurs humains et organisationnels

Le Groupe de travail de l'AEN sur les facteurs humains et organisationnels (WGHOFF) s'intéresse à la manière dont les facteurs humains et organisationnels influent sur la sûreté dans l'industrie nucléaire, pour contribuer au maintien de la sûreté des installations nucléaires et à l'efficacité des pratiques réglementaires dans les pays membres.

Adoptant une approche graduelle, le groupe a commencé par recueillir auprès des autorités de sûreté des informations sur les actions menées à l'échelon national depuis l'accident de Fukushima Daiichi. Le but est de renforcer les capacités de « mitigation » des événements externes extrêmes et des accidents graves. Le groupe examine aussi les facteurs humains et organisationnels spécifiques que ces actions ont pu permettre de traiter, l'objectif étant de partager les enseignements tirés de leur mise en œuvre pour faciliter et multiplier les initiatives dans ce domaine à l'avenir.

En ce qui concerne l'ingénierie des facteurs humains, un rapport de consensus sur la validation, du point de vue des facteurs humains, des modifications et conceptions de contrôle-commande de centrales nucléaires (*Human Factors Validation of Nuclear Power Plant Control Room Designs and Modifications*) a été publié à l'issue d'un atelier tenu aux États-Unis à l'occasion de réunions consacrées au contrôle-commande dans les centrales nucléaires et aux technologies d'interface homme-machine (NPIC et HMIT).

Dans les industries nécessitant un degré élevé de fiabilité, y compris dans les activités nucléaires, le comportement humain joue un rôle déterminant dans 60 à 80 % des

événements. La recherche et l'expérience ont montré que l'utilisation des techniques et des meilleures pratiques pour prévenir les erreurs humaines ne produisait pas de changements durables et qu'une vision plus globale du comportement humain contribuait au renforcement des facteurs qui promeuvent le comportement souhaité. Afin de mieux comprendre les activités liées aux facteurs humains et organisationnels et de démontrer l'intérêt de traiter ces questions en adoptant une démarche systématique en matière de sûreté, le WGHOFF travaille sur un nouveau projet concernant le comportement humain et organisationnel. L'objectif est de parvenir à une compréhension partagée des notions utilisées pour l'étude des facteurs humains et organisationnels, d'élaborer un modèle qui tienne compte des relations dynamiques et des interactions entre facteurs humains, techniques et organisationnels et de formuler des conseils pratiques sur son application.

En mars, un atelier conjoint au Groupe de travail sur la réglementation des nouveaux réacteurs (WGRNR) du CNRA et au WGHOFF a eu lieu au Royaume-Uni, en collaboration avec l'Office de réglementation nucléaire (*Office for Nuclear Regulation*), sur le thème du contrôle réglementaire des capacités organisationnelles des nouveaux titulaires d'autorisation. Les douze séances en ateliers ont produit des résultats tangibles, identifiant notamment des pratiques vertueuses et de futurs axes de réflexion, qui seront présentés dans un rapport du CNRA. Les futurs travaux à mener dans le domaine des facteurs humains et organisationnels incluent la formulation de recommandations sur le développement et l'évaluation des capacités organisationnelles, plus spécifiquement en matière de gestion de projets, en se concentrant sur la sûreté, la prise de décision, le développement des compétences et le contrôle de la chaîne logistique à toutes les étapes de la construction d'une nouvelle installation.

Dans la mesure où de nombreux pays sont confrontés à l'arrêt progressif, anticipé ou non, de leurs centrales nucléaires, le CSNI a également approuvé un nouveau projet du WGHOFF qui portera sur les capacités organisationnelles en matière de démantèlement. Grâce aux contributions du Groupe de travail sur le déclassement et le démantèlement (WPDD), des difficultés du point de vue des facteurs humains et organisationnels dans le cadre du démantèlement ont été identifiées : dotation en personnel, capacités d'adaptation, changements d'organisation en vue de la transition, systèmes intégrés de gestion, culture de sûreté, contrôle et gouvernance. Ces difficultés seront examinées par le WGHOFF, qui préconisera des mesures de sûreté proactives et fera des recommandations pour venir en aide aux exploitants comme aux autorités de sûreté.

Le WGHOF collabore avec le Groupe de travail de l'AEN sur l'évaluation des risques (WGRISK) sur le sujet de l'évaluation de la fiabilité humaine lors d'événements externes. L'objectif est de disséminer les bonnes pratiques en matière d'analyses quantitatives, de modélisation et de quantification des actions des exploitants lors d'événements externes mais aussi d'évaluations probabilistes de la sûreté.

Communication avec le public et participation des parties prenantes

En janvier 2017, l'AEN a organisé le premier atelier de l'AEN sur la participation des parties prenantes aux décisions concernant l'énergie nucléaire. Plus de 130 experts de 26 pays se sont réunis pour discuter des meilleures pratiques internationales et ont conclu que le soutien et la participation des parties prenantes étaient essentiels dans la quasi-totalité des domaines de l'énergie nucléaire pour parvenir à des décisions acceptées et pérennes.

Le Secrétaire général de l'OCDE, M. Angel Gurría, le Directeur général de l'AEN, M. William D. Magwood, IV et le membre de la Nuclear Regulatory Commission des États-Unis, M. Stephen Burns, ont prononcé des discours d'ouverture. En outre, des experts ont fait 37 présentations sur les cadres juridiques, la réglementation nucléaire, la protection radiologique, la gestion des déchets radioactifs, la construction de nouvelles installations nucléaires, la prolongation de l'exploitation des installations existantes, la participation des parties prenantes dans l'énergie nucléaire et d'autres domaines.

Les participants ont partagé leurs expériences et leurs meilleures pratiques et ont débattu notamment des thèmes suivants : qui parmi le public et les parties prenantes doit être informé ? Comment utiliser les sciences pour répondre aux préoccupations quant aux décisions à prendre ? Quel rôle les médias sociaux peuvent-ils jouer pour encourager la participation des parties prenantes ? La conclusion de ces débats est qu'il n'y a pas de réponse universelle. La participation des parties prenantes doit être envisagée dans le contexte du pays concerné et les organisations doivent consacrer du temps à établir une relation de confiance avec les parties prenantes à travers le débat et l'interaction. Pour de plus amples informations sur cet atelier, voir le rapport intitulé *NEA Workshop on Stakeholder Involvement in Nuclear Decision Making – Summary Report*, disponible sur le site web de l'AEN.

Le Groupe de l'AEN sur la communication des autorités de sûreté nucléaire avec le public (WGPC) concentre ses travaux sur le partage des informations, des méthodes et des expériences dans ce domaine. En 2017, le groupe a produit un rapport détaillé sur les conclusions de trois ateliers régionaux qui ont eu lieu aux États-Unis, en France et au Japon, mettant en contact parties prenantes et responsables de la communication des autorités de sûreté. Parmi les participants figuraient des organisations à but non lucratif et de défense de l'environnement, ainsi que des représentants des médias. Le rapport du WGPC met en avant les points communs entre les différentes régions du monde et les différences d'approche de la communication en matière de sûreté nucléaire. Conscient que les médias sociaux sont désormais une source d'information majeure pour le grand public, le groupe concentre aujourd'hui ses efforts sur la manière dont les autorités de sûreté utilisent les plates-formes existantes

pour interagir avec les parties prenantes et les informer. Le groupe s'intéresse également à la communication sur le risque en vue de fournir aux autorités de sûreté des outils et des conseils pratiques pour diffuser de manière plus efficace des informations réglementaires et techniques complexes auprès des parties prenantes.

La 18^e réunion du Forum de l'AEN sur la confiance des parties prenantes (FSC) a eu lieu du 12 au 14 septembre 2017. Les membres ont rappelé leur intérêt pour des ateliers nationaux centrés sur les interactions entre experts internationaux spécialisés dans la gestion des déchets radioactifs et parties prenantes des pays membres. La volonté d'atteindre plusieurs générations a également été exprimée, notamment lors de présentations détaillées de la Belgique, du Canada et de la Suisse sur ce thème. Les rôles et responsabilités des autorités de sûreté, des autorités décisionnelles et des gestionnaires de déchets influencent fortement le type d'interaction que chaque organisation a avec la jeunesse. Diverses institutions d'enseignement peuvent également jouer un rôle pour intéresser les générations futures à la gestion des déchets radioactifs.

Le FSC produit régulièrement des prospectus proposant des informations et des conseils aux membres et aux groupes intéressés. Le FSC a réaffirmé l'importance d'utiliser tous les médias, y compris les médias sociaux – et plus spécifiquement différentes plates-formes de communication intergénérationnelle – pour interagir avec les parties prenantes.

Atelier international de mentorat en science et en ingénierie

L'une des missions de l'AEN est d'aider ses membres à s'assurer qu'ils disposeront à l'avenir des ressources humaines qualifiées et des programmes d'enseignement nécessaires à la formation d'une nouvelle génération d'experts en sciences nucléaires. À cette fin, il est primordial de s'assurer que les jeunes, filles et garçons confondus, ont la possibilité d'entreprendre des carrières en sciences et en technologie.

C'est avec ce souci à l'esprit que l'AEN a organisé, avec les National Institutes for Quantum and Radiological Science and Technology (QST) du Japon, un atelier de mentorat à Chiba, au Japon, les 25 et 26 juillet. Cet atelier a rassemblé 55 lycéennes de différentes régions du Japon pour qu'elles dialoguent avec 9 femmes du Canada, des États-Unis, de France, du Japon et de Russie aux carrières prestigieuses, qui ont joué le rôle de mentor. Les lycéennes ont pu évoquer leurs carrières futures en science et en ingénierie, tandis que les mentors ont partagé leur expérience et ont prodigué conseils et encouragements, tout en ouvrant les lycéennes à des perspectives internationales. L'AEN est convaincue que cet atelier a eu une influence positive et est prête à organiser des événements similaires dans d'autres pays.



Contact :

Yeonhee Hah

Chef de la Division de la protection radiologique et des aspects humains de la sûreté nucléaire

+33 (0)1 45 24 11 57

yeonhee.hah@oecd.org

Protection radiologique

L'objectif de l'AEN dans ce domaine est d'aider les pays membres à réglementer, mettre en œuvre et enrichir le système de protection radiologique en identifiant et en traitant efficacement les problèmes théoriques, scientifiques, stratégiques, réglementaires, opérationnels et sociaux. Les agents collaborent étroitement dans ce domaine avec le Comité de protection radiologique et de santé publique (CRPPH) et ses groupes de travail.

Conséquences de l'accident de Fukushima Daiichi sur le plan de la radioprotection

La réhabilitation des régions affectées par l'accident de Fukushima Daiichi progresse. Les zones évacuées dans un rayon de 20 km autour de la centrale nucléaire et la zone située au nord-ouest du site sont en cours de décontamination et ont été rouvertes pour le retour des résidents. Les personnes vivant toujours dans des régions touchées mais qui n'ont pas été évacuées œuvrent pour comprendre la situation radiologique globale, reprendre le cours de leur vie et remettre sur pied le cadre socio-économique dans lequel elles évoluent. La question du retour des personnes évacuées demeure complexe. Comme le montrent les réunions de dialogue de la CIPR, qui sont organisées essentiellement par des organisations japonaises, les personnes demeurent inquiètes pour leurs enfants, leur travail et leurs moyens de subsistance. Le tissu social des villages touchés se répare lentement dans de nombreux endroits, mais un nombre important de personnes qui sont parties ne sont pas encore revenues et ne reviendront peut-être jamais.

Des actions sont en cours pour revitaliser la société et l'économie des régions touchées de la préfecture de Fukushima. Les ONG japonaises locales, comme Ethos in Fukushima, offrent aux habitants des lieux où partager leur expérience et leurs préoccupations, pour apprendre les uns des autres, renouer des liens sociaux et parvenir à accepter leur situation. Sept ans après l'accident, les préoccupations d'ordre radiologique sont moins prégnantes, peut-être en raison de l'utilisation de dosimètres individuels (comme le D-Shuttle, conçu et fabriqué sur place). Les questions les plus préoccupantes actuellement concernent les

Faits marquants

- En mai, l'AEN a organisé un atelier sur la gestion des déchets radioactifs non nucléaires à Legnaro, en Italie, qui a rassemblé des experts de 31 pays pour traiter de la gestion de toutes les formes de déchets non nucléaires.
- L'École internationale de protection radiologique a été créée, et les préparatifs ont commencé pour la tenue de la première session en août 2018.
- Le CRPPH a continué de prêter son concours à la Commission internationale de protection radiologique (CIPR), pour les dialogues citoyens de la Phase 2 au Japon.
- Le Cadre de gestion des aliments en phase post-accidentelle de l'AEN a été examiné par le Comité du Codex sur les contaminants dans les aliments (CCCF) de la FAO et de l'OMS en avril 2017, en vue d'une possible mention dans le cadre du Codex Alimentarius en mars 2018.
- Le CRPPH a lancé un projet de recherche sur la variabilité de la dose à l'organe en fonction du sexe, de l'âge et de l'indice de masse corporelle.
- L'AEN a participé à l'exercice ConvEx-3 de 2017 dans le cadre du Comité interorganisations sur les situations d'urgence nucléaire et radiologique (IACRNE) pour tester le Plan de gestion des situations d'urgence radiologique commun aux organisations internationales (JPLAN). L'atelier sur la notification, la communication et l'interface concernant les catastrophes impliquant les rayonnements ou des matières radiologiques du cinquième exercice international d'urgence nucléaire (INEX-5) s'est tenu à Paris en octobre 2017.
- Deux colloques ALARA¹ ont été organisés, l'un au Japon et l'autre aux États-Unis, dans le contexte du Système d'information sur la radioexposition professionnelle (ISOE).
- La publication phare intitulée *Towards an All-Hazards Approach to Emergency Preparedness and Response: Lessons Learnt from Non-Nuclear Events* a été préparée pour être publiée au début de 2018.

infrastructures (hôpitaux, écoles, magasins etc.), l'emploi et la structure sociale.

En 2017, les agents de l'AEN ont participé à deux réunions de dialogue de la Phase 2 de la CIPR. La série de réunions de dialogue tenues avec les parties prenantes japonaises a montré que les personnes qui sont restées dans les régions affectées, où qui y sont revenues, ont développé une attitude positive à l'égard de l'avenir, acceptant la situation post-accidentelle comme étant la « nouvelle normalité ».

1. *As low as reasonably achievable* – Aussi bas que raisonnablement possible.



Soutien aux futurs cadres de la radioprotection

Confrontées à la perspective d'une pénurie d'experts qualifiés en radioprotection dans les cinq à dix années à venir, les autorités de sûreté et l'industrie ont exprimé leurs préoccupations à ce sujet. C'est ce qui a déterminé l'AEN à créer le programme de formation intitulé École internationale de protection radiologique (IRPS).

De nombreux guides et normes existent. S'ils fournissent des informations techniques et factuelles, on connaît mal l'histoire de leur évolution et de la masse de connaissances qu'ils représentent. Or, pour appliquer efficacement le système de protection radiologique, il est indispensable d'en comprendre l'esprit. Pour que les responsables de la protection radiologique de demain l'appliquent convenablement à des situations familières et nouvelles, il faudra qu'ils en comprennent les nuances, l'histoire et les significations implicites. Ainsi, ils pourront aussi faire progresser la science de la radioprotection.

Hébergé par le Centre de recherche en radioprotection (CRPR) de l'université de Stockholm, et organisé avec le soutien de l'autorité suédoise de sûreté radiologique (SSM), la première formation de l'IRPS aura lieu du 20 au 24 août 2018.

Gestion des situations historiques

De nombreux pays disposant de programmes nucléaires civils sont confrontés à des situations difficiles en raison d'installations ou de sites historiques (délaisés pour cause d'accident ou par négligence) qu'ils doivent gérer de manière ouverte et transparente. Dans la mesure où les démarches et les normes applicables en la matière peuvent différer d'un pays à l'autre, il est important de formuler des recommandations pratiques sur la réglementation et la protection radiologique dans de telles situations.

Au niveau international, il n'y a quasiment pas d'instructions pratiques quant à l'application des recommandations et normes internationales concernant la radioprotection dans le cadre de la gestion des situations historiques. C'est la raison pour laquelle l'AEN travaille à l'élaboration de guides pratiques sur les questions suivantes :

- l'application de recommandations issues de scénarios d'exposition existants et planifiés qui sont déjà appliquées sur un même site, et la fixation de critères spécifiques de gestion de la remise en état, y compris les limites de dose, les niveaux de référence et les normes relatives à la gestion des déchets ;
- le développement de stratégies de communication (à destination des populations vivant à proximité de sites historiques) ;
- l'identification des méthodes de radioprotection nécessaires pour élaborer des démarches cohérentes et optimisées de contrôle réglementaire et de gestion de site.

L'AEN aborde ces questions de manière coordonnée, en veillant à une bonne coopération entre le CRPPH, le Comité de la gestion des déchets radioactifs (RWMC) et d'autres organisations internationales comme l'AIEA et la Commission européenne (CE). L'objectif général est d'élaborer une démarche pratique harmonisée de réglementation des sites nucléaires et radiologiques historiques.

Gestion des urgences nucléaires

Depuis l'accident de Fukushima Daiichi, des actions relatives à la gestion des situations d'urgence et à la réhabilitation des conditions de vie ont été menées aux échelons national et international. L'exercice INEX-5 a été conçu pour tester les nouvelles actions, mesures et démarches élaborées à l'échelle régionale et internationale pour renforcer la communication et l'échange d'informations ainsi que la coordination transfrontière.

La coordination des réponses nationales est un facteur important lorsque des accidents ne touchent directement qu'un seul pays ou, au contraire, en affectent plusieurs d'une même région. L'AEN a donc encouragé les pays participant à INEX-5 à prendre part à des exercices régionaux afin de déterminer comment améliorer les actions énumérées plus haut.

L'exercice INEX-5 a été réalisé de septembre 2015 à juin 2016 par 22 pays participants. Trois groupes de pays, tous européens, ont choisi de travailler à l'échelle régionale. L'évaluation post-INEX-5 réalisée en 2017 a inclus une séance thématique INEX-5 tenue à Paris en janvier 2017. Elle a été convoquée pour permettre aux participants de partager leurs expériences nationales et régionales, comparer les démarches et analyser les conséquences du processus décisionnel sur les stratégies de notification, sur la communication et l'information du public, et sur l'appui national et international. Un atelier international INEX-5 a ensuite eu lieu à Paris en octobre 2017. En plus d'offrir un espace de discussion entre participants, il a permis de dégager un ensemble de sujets et de recommandations que les participants ont proposé à l'AEN d'examiner. Ces sujets incluent la communication et le partage de l'information avec les autres pays et partenaires internationaux, l'importance du partage de l'information en temps réel, l'amélioration de la coordination transfrontière et internationale concernant les mesures de sauvegarde et l'élaboration de nouvelles démarches pour réaliser des exercices relatifs aux caractéristiques à moyen et long terme d'un accident nucléaire. Les participants pensent qu'il est aussi nécessaire d'envisager les conséquences des mesures de sauvegarde sur la santé mentale des populations et d'établir un lien plus étroit entre experts techniques et autorités décisionnelles à tous les échelons.

Enseignements tirés d'incidents non nucléaires

Des experts de la gestion des catastrophes spécialisés dans des domaines autres que l'énergie nucléaire ont contribué, en 2017, à une publication phare de l'AEN intitulée *Towards an All-Hazards Approach to Emergency Preparedness and Response: Lessons Learnt from Non-Nuclear Events*. Ce rapport confirme qu'il existe des similitudes en matière de préparation et de réponse aux situations d'urgence de divers types, identifie les enseignements tirés et les bonnes pratiques au profit de la communauté internationale, et démontre la valeur d'une démarche fondée sur la prise en compte de l'ensemble des dangers potentiels. Ce rapport multidisciplinaire, qui sera publié au début de 2018, a été élaboré par des experts du Groupe de travail de l'OCDE

sur les accidents chimiques, le Forum de haut niveau sur le risque de la Direction de la gouvernance publique et du développement territorial de l'OCDE et de du Centre commun de recherche de la CE (CRC-CE). Il peut être consulté en ligne à l'adresse www.oecdnea.org/rp/pubs/2018/7308-all-hazards-epr.pdf.



Contact :
Yeonhee Hah
 Chef de la Division de la protection radiologique et des aspects humains de la sûreté nucléaire
 +33 (0)1 45 24 11 57
yeonhee.hah@oecd.org

Projet commun



Système d'information sur la radioexposition professionnelle

Le Système d'information sur la radioexposition professionnelle (ISOE), initiative lancée en 1992 par l'AEN et coparrainée par l'AIEA, vise à faciliter le partage de données, d'analyses, d'enseignements et d'expériences sur la radioprotection des travailleurs dans les centrales nucléaires du monde entier. Il tient à jour la plus grande base de données du monde sur la radioexposition professionnelle et maintient un réseau d'experts en radioprotection travaillant pour des exploitants nucléaires ou des autorités de sûreté.

En date du 31 décembre 2017, ISOE réunissait 76 exploitants et 28 autorités de sûreté de 31 pays au total. ISOE fonctionne de manière décentralisée. Les décisions et l'orientation générale relèvent du Conseil de gestion d'ISOE, qui est composé de représentants des exploitants et des autorités de sûreté de tous les pays participants. Le Bureau d'ISOE, qui est élu par le Conseil de gestion, oriente le travail d'ISOE et du Secrétariat entre les réunions du Conseil de gestion. Ils reçoivent tous deux l'appui du Secrétariat conjoint AEN/AIEA. Quatre centres d'appui technique ISOE (Amérique du Nord, Asie, Europe et AIEA) sont chargés des opérations techniques au jour le jour et font office de points de contact pour l'échange d'informations

avec les participants. Dans chaque pays, un coordinateur national sert d'intermédiaire entre les participants à ISOE et le programme lui-même. Des groupes de travail spécialisés, mandatés par le Conseil de gestion, sont créés en fonction des besoins pour atteindre les objectifs qu'ISOE s'est fixés sur des sujets spécifiques. Il existe actuellement deux groupes de travail actifs : le Groupe de travail sur l'analyse des données (WGDA) et le Groupe de travail sur les questions liées à la radioprotection des activités de démantèlement dans les centrales nucléaires (WGDECOM). Ces deux groupes opèrent en accord avec leur mandat respectif (2016-2019).

La base de données sur l'exposition professionnelle d'ISOE contient des informations sur les niveaux de radioexposition professionnelle et les tendances observées dans 377 tranches nucléaires en exploitation et 72 tranches en arrêt à froid ou à un stade quelconque de démantèlement de 32 pays, soit environ 80 % des réacteurs de puissance du monde. La base de données, les publications, les visites comparatives, les symposiums annuels et le site Internet du réseau ISOE facilitent les échanges entre participants concernant l'expérience d'exploitation

et les leçons tirées de l'optimisation de la radioprotection professionnelle.

En 2017, le programme ISOE a continué de mettre l'accent sur l'échange de données, d'analyses, de bonnes pratiques et d'expériences en matière de radioexposition professionnelle dans les centrales nucléaires, ainsi que sur l'amélioration de la qualité de la base de données sur la radioexposition professionnelle. Les principaux travaux menés en 2017 ont été notamment : la collecte et l'intégration des données de 2016 dans la base de données d'ISOE et la publication de rapports nationaux ISOE concernant 2016, la publication d'une nouvelle brochure sur ISOE, l'organisation de quatre visites comparatives et l'amélioration du module d'analyse des données (MADRAS) pour faciliter l'échange d'informations et d'expérience sur l'optimisation de la radioprotection professionnelle pendant l'exploitation et le démantèlement de centrales nucléaires.

ISOE a organisé un symposium international ALARA à Fort Lauderdale (États-Unis) en janvier 2017 et un symposium régional pour l'Asie, au Japon, en octobre 2017. Ces symposiums permettent notamment aux énergéticiens de se rencontrer dans un cadre international.

Gestion des déchets radioactifs

L'objectif de l'AEN dans ce secteur est d'aider les pays membres à élaborer des stratégies à long terme pour gérer de façon sûre, durable et globalement acceptable tous les types de déchets radioactifs et le combustible nucléaire usé, et de fournir aux gouvernements et aux autres parties prenantes concernées des informations fiables et faisant autorité sur les aspects politiques, stratégiques et réglementaires du démantèlement des installations nucléaires. Les agents collaborent étroitement avec le Comité de la gestion des déchets radioactifs (RWMC) et ses groupes d'experts.



L'Atelier international sur le démantèlement des centrales nucléaires, 30 juin 2017, Tokyo, Japon.

Activités de gestion des connaissances

En 2017, l'Initiative sur la préservation des documents, des connaissances et de la mémoire (RK&M) a tenu deux réunions d'examen des travaux en cours et à venir. Elle a approuvé la publication du rapport intitulé *Preservation of Records, Knowledge and Memory across Generations: Developing a Key Information File for a Radioactive Waste Repository* et a décidé de présenter toutes les conclusions clés dans deux rapports additionnels : un rapport sur les jeux de documents essentiels pour les centres de stockage géologique et un rapport de projet définitif documentant les travaux du groupe. La phase II de l'Initiative RK&M prendra fin en avril 2018.

Faits marquants

- En juin 2017, l'AEN a accueilli la réunion technique du Groupe conjoint de la Commission européenne, de l'AIEA et de l'AEN sur le combustible usé et les déchets radioactifs dans le cadre du projet *Status and Trends*. Lors de la réunion, l'AEN a exposé une méthode de présentation des inventaires nationaux de déchets radioactifs que le groupe a acceptée.
- En 2017, l'AEN a entamé la procédure de création d'un nouveau comité technique permanent – le Comité sur le démantèlement des installations nucléaires et la gestion des passifs historiques (CDLM). L'objectif est d'accroître la visibilité des activités sur ce sujet à l'AEN et d'augmenter le niveau d'expertise pour mieux assister les pays membres en la matière.
- En 2017, plusieurs rapports de l'AEN ont été publiés, dont : *Addressing Uncertainties in Cost Estimates for Decommissioning Nuclear Facilities* ; *Communication on the Safety Case for a Deep Geological Repository* ; *National Inventories and Management Strategies for Spent Nuclear Fuel and Radioactive Waste* ; *Recycling and Reuse of Materials Arising from the Decommissioning of Nuclear Facilities*.

Le Forum des régulateurs

Le Forum des régulateurs (RWMC-RF) a lancé un nouveau projet sur la gestion des compétences des régulateurs, qui s'intéresse aux pertes potentielles de connaissances et de savoir-faire réglementaires en matière de démantèlement et de déchets radioactifs. Le RWMC-RF a élaboré un questionnaire qu'il a soumis à ses membres et dont les résultats seront analysés par le Secrétariat puis débattus à la session plénière de 2018. En outre, le RWMC-RF a démarré une initiative conjointe avec le Groupe de travail sur le déclassement et le démantèlement (WPDD), qui donnera lieu à un atelier commun en juin 2018.

Le dossier de sûreté des centres de stockage géologique

En 2017, le Groupe d'intégration de l'AEN pour le dossier de sûreté (IGSC) a créé le Club roches cristallines pour se concentrer sur la caractérisation des roches cristallines en tant que formations d'accueil de centres de stockage géologique. L'IGSC a apporté des améliorations à des dossiers de sûreté de centres de stockage géologique. Grâce aux nouvelles connaissances sur les caractéristiques et propriétés des roches argileuses et salines en tant que formations d'accueil de centres de stockage géologique, les clubs argile et sel ont renforcé les preuves scientifiques à l'appui des dossiers de sûreté.

Le Club sel a poursuivi ses travaux scientifiques, notamment sur la consolidation du sel concassé et sur les données thermodynamiques. Le Club argile a travaillé sur l'initiative

commune avec l'université de Berne, en Suisse, dénommée Projet CLAYWAT, qui examinera les propriétés de l'eau interstitielle dans l'argile et le schiste.

Le Groupe d'experts de l'AEN sur la sûreté en exploitation (EGOS) a poursuivi ses travaux sur la gestion du risque incendie dans les installations souterraines, les technologies de transport et de mise en place des colis, les critères d'acceptation des déchets et les bases de données sur les risques en exploitation.

Lors de son débat thématique annuel 2017, l'IGSC a traité la question de la criticité et des garanties dans les centres de stockage géologique. Il a souligné l'importance de la conception pour prévenir la criticité et de l'adoption de démarches systématiques s'agissant des garanties. L'IGSC organisera son troisième colloque sur le dossier de sûreté en octobre 2018 à Rotterdam, aux Pays-Bas, pour présenter les avancées réalisées en la matière depuis le colloque de 2013.

Gestion des métadonnées relatives aux centres de stockage de déchets radioactifs (RepMet)

RepMet est une initiative de l'IGSC qui a pour objectif de promouvoir une meilleure compréhension d'un aspect essentiel de la gestion des données : l'identification et l'administration des métadonnées. Grâce à cela, les programmes nationaux peuvent gérer les données relatives au stockage de déchets radioactifs d'une manière qui soit harmonisée à l'échelle internationale et adaptée à une gestion et à une utilisation à long terme.

Le groupe RepMet étudie la conception des bibliothèques de données qui sous-tendent et comprennent les métadonnées relatives aux centres de stockage de déchets radioactifs. Au cours des quatre dernières années, le groupe a examiné la manière dont les programmes nationaux de stockage de déchets radioactifs utilisent les métadonnées pour gérer des données et des informations. En 2017, il s'est concentré sur la finalisation des bibliothèques relatives aux colis de déchets prêts pour le stockage. Avant la dernière réunion du groupe qui aura lieu en octobre 2018, les participants terminent actuellement i) un rapport à haut niveau illustrant l'importance de l'utilisation des métadonnées dans la gestion des déchets radioactifs, ii) trois rapports techniques détaillant l'étude de conception de bases de données sur des thèmes concernant la gestion des déchets radioactifs et iii) un guide sur les outils et techniques utilisés pour l'étude de conception de ces bases de données.

Démantèlement

La 18^e réunion annuelle du Groupe de travail sur le déclassement et le démantèlement (WPDD) s'est tenue en octobre à Ottawa, au Canada. Plus de 50 délégués de 15 pays membres de l'AEN et de deux organisations internationales ont participé à cette réunion, tenue sous l'égide de la Commission canadienne de sûreté nucléaire (CCSN), en



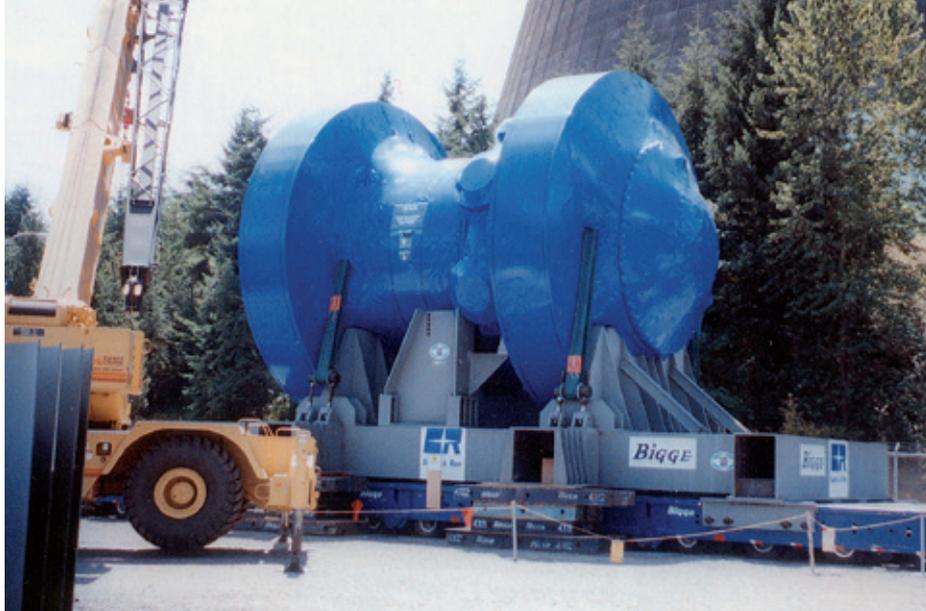
coopération avec Ressources naturelles Canada (RNCAN). Lors de la session thématique intitulée « Démantèlement et société – aspects sociaux du démantèlement », les participants ont échangé leur expérience. Ils ont également souligné qu'il était nécessaire que les autorités comprennent et tiennent compte des facteurs sociaux lorsqu'elles prennent des décisions concernant le démantèlement. Une session spéciale était consacrée aux acteurs du démantèlement au Canada et a été suivie d'une visite technique des laboratoires de Chalk River.

En février, le Projet de réacteur de Halden, l'AEN et l'AIEA ont organisé un atelier intitulé *Workshop on Current and Emerging Methods for Optimising Safety and Efficiency in Nuclear Decommissioning*, à Sarpborg, en Suède. Plus de 110 participants de 26 pays et 3 organisations internationales ont participé à cet événement, dont le but était d'évaluer les besoins actuels et futurs en R-D. Les participants ont réfléchi aux types de collaborations internationales qui permettraient d'améliorer et d'optimiser la mise en œuvre du démantèlement.

Le Groupe d'estimation des coûts du démantèlement (DCEG) du WPDD a publié un rapport commun AEN/AIEA sur les incertitudes dans l'estimation des coûts intitulé *Addressing Uncertainties in Cost Estimates for Decommissioning Nuclear Facilities*. Il a aussi lancé un nouveau projet d'étude comparative des coûts du démantèlement des centrales nucléaires.

Le Groupe d'experts sur la caractérisation radiologique et le démantèlement (TGRCD) du WPDD a achevé ses travaux et a publié un rapport intitulé *Radiological Characterisation from a Waste and Materials End-State Perspective – Practices and Experience*. Il y identifie les bonnes pratiques en la matière et donne des conseils pratiques concernant tous les stades du processus de caractérisation.

Le Groupe d'experts sur la préparation au démantèlement pendant l'exploitation et après l'arrêt définitif d'une installation (TGPFDD) a poursuivi ses travaux d'analyse de la stratégie, des problèmes et des risques liés à la préparation et à la planification du démantèlement, en se concentrant notamment sur les dernières années de l'exploitation et sur la phase postérieure à l'exploitation. Il devrait publier, au début de l'année 2018, un rapport exposant les observations et recommandations relatives au développement et à l'optimisation des stratégies et des préparatifs pour le démantèlement des installations nucléaires.



La cuve sous pression du réacteur d'une centrale nucléaire en cours de démantèlement.

Nuclear Regulatory Commission, États-Unis

Le Groupe d'experts sur l'optimisation de la gestion des matières et des déchets radioactifs de faible activité issus du démantèlement (TGOM) continue d'examiner les stratégies et démarches susceptibles d'améliorer les dispositifs nationaux de gestion des matières radioactives de faible activité issues du démantèlement. Il étudiera différentes mesures et relations entre les facteurs qui sont en jeu et présentera, dans un rapport de situation, les mécanismes qui sous-tendent ces facteurs ainsi que les contraintes rencontrées dans l'application pratique des optimisations.

Méthodes d'inventaire des déchets radioactifs et de communication d'inventaire

En 2017, le Groupe d'experts du RWMC sur les méthodes d'inventaire des déchets et de communication d'inventaire (EGIRM) a mis la dernière main à sa méthode d'élaboration d'un système universel de présentation des données des inventaires de déchets radioactifs et de combustible usé, qu'il a commencé à tester. Cette méthode permet de répondre aux obligations qui pourraient être celles des gestionnaires de déchets potentiels, notamment celles qui sont mentionnées dans la Convention commune, la Directive 2011/70/Euratom et le projet commun *Status and Trends*. Toutes les matières radioactives et tout le combustible usé inventoriés en tant que déchets peuvent être présentés dans ce système, sous un format commun, en fonction de la stratégie de stockage adoptée dans un pays donné. En juin 2017, le projet commun *Status and Trends*, cofinancé par l'AIEA, la Commission européenne et l'AEN, a accepté la méthode proposée et a inclus le système de présentation dans le modèle de profil national. Le rapport de l'AEN décrivant la méthode adoptée a été publié en septembre 2017. Un atelier sur la mise en application de cette méthode est en préparation pour février 2018.

Démantèlement des installations et gestion des déchets de Fukushima

Le Groupe d'experts sur la R-D concernant la gestion des déchets et le démantèlement à Fukushima (EGFWMD) a achevé ses travaux en 2016, et les résultats ont été utilisés dans les programmes japonais de démantèlement de Fukushima Daiichi. En 2017, la Société de facilitation de l'indemnisation des dommages nucléaires et du

démantèlement (NDF) a demandé qu'un nouveau groupe d'experts soit créé pour travailler sur la caractérisation et la catégorisation de quantités importantes de déchets inconnus. Cette demande a été soutenue par les membres du RWMC. Le mandat et le périmètre d'action du groupe feront l'objet de débats lors de la prochaine réunion du comité.

Projet de base de données thermodynamiques

Lancé en 1984 sous la forme d'une activité commune à la Banque de données de l'AEN et au RWMC, le projet de base de données thermodynamiques sur les espèces chimiques (TDB) vise à constituer la base de données de haute qualité nécessaire aux modélisations effectuées dans le cadre des études de sûreté des centres de stockage de déchets radioactifs. La mise en œuvre du nouveau logiciel conçu et réalisé en 2016 est toujours en cours. Jusqu'à présent, le projet TDB a produit 13 volumes de données thermodynamiques dont la qualité est attestée et qui sont internationalement reconnues. Les travaux en cours visent à achever quatre examens. Pour de plus amples informations sur le projet TDB et sur les activités menées en 2017, voir p. 59.



Contact :
Gloria Kwong
 Chef de la Division de la gestion
 des déchets radioactifs par intérim
 +33 (0)1 45 24 10 49
 gloria.kwong@oecd.org

Projet commun

Programme de coopération pour l'échange d'informations scientifiques et techniques sur les projets de démantèlement d'installations nucléaires

Le programme de coopération pour l'échange d'informations scientifiques et techniques sur les projets de démantèlement d'installations nucléaires (CPD) est une entreprise commune à un petit nombre d'organisations qui procèdent activement à l'exécution ou à la planification du démantèlement d'installations nucléaires. Lancée en 1985 et menée conformément à l'article 5 des Statuts de l'AEN, elle vise à échanger et à partager les informations tirées du retour d'expérience du démantèlement d'installations nucléaires qui peuvent être utiles à des projets actuels ou futurs. Son périmètre d'activité, qui recouvrait initialement 10 projets de démantèlement dans 8 pays, a pris de l'ampleur et comprend désormais 71 projets (41 réacteurs et 30 installations du cycle du combustible) relevant de 14 pays membres de l'AEN, d'une économie non membre et de la Commission européenne. L'accord qui a fondé le programme est entré en vigueur le 1^{er} janvier 2014 et restera valable jusqu'au 31 décembre 2018. Un nouvel accord concernant la période 2019-2023 est en cours de préparation.

Les échanges d'informations que prévoit le CPD sont un moyen de diffuser largement les meilleures pratiques internationales et d'encourager

le recours à des méthodes sûres, respectueuses de l'environnement et économiques dans le cadre de tous les projets de démantèlement. Chaque année, le Groupe technique consultatif (TAG) tient deux réunions à l'occasion desquelles les participants visitent le site de l'un d'entre eux et débattent ouvertement, pour le bénéfice de tous, des aspects positifs ou négatifs de leur expérience en matière de démantèlement. En 2017, une visite a eu lieu à Cherbourg, en France.

Bien qu'une partie des informations ainsi échangées au sein du CPD soient confidentielles et donc réservées aux participants, l'expérience d'intérêt général acquise sous les auspices du programme est également diffusée plus largement. Dans ce contexte, le Groupe d'experts du CPD sur le recyclage et la réutilisation des matériaux (TGRRM) a continué d'examiner les différentes approches nationales et internationales en matière de gestion des déchets radioactifs de faible activité issus du démantèlement. En septembre 2017, le TGRRM a publié un rapport qui conclut que nombre de pays développent le recyclage des déchets de faible activité en raison d'un manque d'installations de stockage et d'un manque d'informations et de

données comparatives sur le coût du recyclage relativement au coût du stockage des déchets de faible activité. Les rapporteurs indiquent également que les réticences des parties prenantes vis-à-vis du recyclage et de la réutilisation des matières de faible activité issues du démantèlement entravent l'amélioration de ces processus.

Les besoins croissants en matière de démantèlement à travers le monde ont fait apparaître d'autres difficultés, comme le démantèlement et la décontamination de réservoirs fortement contaminés. En avril 2017, pour traiter cette question, le CPD a créé un nouveau groupe de travail pour échanger sur l'expérience acquise par les membres dans le démantèlement de réservoirs fortement contaminés, ainsi que pour évaluer les enseignements et les pratiques optimales en la matière.

Pour mettre à disposition l'expérience et les connaissances acquises par le CPD en matière de démantèlement, une base de connaissances du TAG a été créée sur le site web de l'AEN après avoir été approuvée par le CPD en 2017. Elle permet aux membres du CPD d'accéder facilement aux informations sur les projets du CPD concernant les réacteurs et les installations du cycle du combustible.



Démantèlement.

Laboratoires Nucléaires Canadiens (LNC)

Sciences nucléaires

L'objectif de l'AEN dans ce domaine est d'aider les pays membres à identifier, collecter, développer et diffuser les connaissances scientifiques et techniques fondamentales indispensables pour assurer le fonctionnement sûr, fiable et économique des filières nucléaires actuelles et de prochaines générations. Les agents de l'AEN collaborent étroitement avec le Comité des sciences nucléaires (NSC) et ses groupes de travail.



Combustible à oxydes mixtes (MOX).
Shikoku Electric Power Co, Inc., Kagawa, Japon

Physique des réacteurs

Les travaux de l'AEN dans ce domaine ont été essentiellement consacrés à la vérification et à la validation des codes utilisés pour prédire le comportement des systèmes de réacteurs existants et avancés. Les réacteurs existants vont tirer profit des comparaisons multicodes des calculs de l'appauvrissement du combustible MOX, alors que les systèmes de réacteurs avancés vont bénéficier d'un benchmark sur la valeur de la réactivité des sels fondus, publié dans la version 2017 du manuel du Projet international d'expériences de physique des réacteurs (IRPhE). Outre ses travaux importants en physique simple, la Division des sciences nucléaire a augmenté son activité liée à la modélisation couplée multiphysique et à la capacité des méthodes de modélisation couplée multiphysique de modéliser des scénarios plus complexes afin de répondre aux besoins des concepteurs, des exploitants et des autorités de sûreté.

Faits marquants

- Le projet commun sur la caractérisation thermodynamique des débris de combustible et des produits de fission basée sur l'analyse des scénarios de progression de l'accident grave survenu dans la centrale nucléaire de Fukushima Daiichi (TCOFF) a tenu sa réunion de lancement en juillet 2017.
- Trois nouveaux groupes d'experts ont été créés au sein du Groupe de travail sur la coopération internationale pour l'évaluation des données nucléaires (WPEC) pour couvrir une vaste gamme de questions relatives à la validation des données nucléaires.
- La nouvelle version de la base de données internationale sur la composition isotopique du combustible usé (SFCOMPO-2.0) a été mise à disposition en juin 2017.
- La nouvelle Base internationale de données expérimentales sur les systèmes thermohydrauliques (TIETHYS) a été mise à disposition en juillet 2017 et les essais des utilisateurs sont en cours.
- Le projet commun de base de données internationale sur la thermodynamique des combustibles avancés (TAF-ID), lancé en 2013, a donné de bons résultats en 2017, et la phase 1 était presque terminée en date du 1^{er} décembre 2017.
- Un atelier sur la modélisation avancée des combustibles nucléaires pour l'amélioration du comportement et de la sûreté a été organisé conjointement par le NSC et le Comité sur la sûreté des installations nucléaires (CSNI) en mars 2017.
- Un atelier sur le renforcement de l'appui expérimental en faveur de l'amélioration des combustibles et des matériaux a été organisé en janvier 2018.

Le Groupe d'experts sur les données d'expériences multiphysiques, les benchmarks et la validation (EGMPEBV) est chargé de se saisir de ces questions. Durant l'année écoulée, il a finalisé une série exhaustive de rapports de synthèse sur l'état actuel des connaissances en validation des outils de simulation et de modélisation multiphysique et sur les besoins en la matière. Il a aussi créé un tableau de classement et d'évaluation des phénomènes (PARC) pour étudier les opinions relatives à la précision des données de validation des simulations des interactions pastille-gaine. Le deuxième groupe de travail a commencé l'examen des pratiques existantes de validation des outils de simulation et de modélisation multiphysique, en se concentrant sur des défis qui sont de la plus haute importance, tant pour la communauté de la recherche que pour l'industrie.

Installation TRACY.
Fourni par Kotaro Tonoike,
JAEA, Japon



Le troisième groupe de travail identifie des applications susceptibles d'être utilisées dans des études comparatives expérimentales. Il a préparé des spécifications pour deux cas : les réunions de lancement concernant le benchmark de la centrale Rostov-2 et le benchmark sur les interactions mécaniques pastille-gaine de Studsvik R2, qui se dérouleront dans le cadre de l'Atelier sur l'analyse des incertitudes en matière de modélisation (UAM), qui se tiendra, conjointement avec la conférence intitulée *Best Estimate Plus Uncertainty* (BEPU), en mai 2018 à Lucca, en Italie.

Physique et chimie du cycle du combustible

Les activités dans ce domaine couvrent tous les aspects du cycle du combustible, de l'amont à l'aval, et visent à étudier, pour divers systèmes nucléaires existants et avancés, des questions telles que les scénarios du cycle du combustible, les combustibles et matériaux innovants, la chimie de la séparation, le stockage des déchets et les fluides caloporteurs. En vue de contribuer au développement durable de l'énergie nucléaire, les experts du Groupe de travail sur les aspects scientifiques du cycle du combustible (WPFC) concentrent actuellement leur activité sur l'amélioration du comportement du combustible, le développement des matériaux, des combustibles et de leurs cycles pour de nouveaux réacteurs innovants et la gestion du combustible usé par retraitement et recyclage.

Avec le renouvellement des mandats, le groupe de travail et ses groupes d'experts ont élaboré un programme de travail important axé essentiellement sur les cycles avancés du combustible et les activités pluridisciplinaires. Les groupes d'experts ont finalisé plusieurs rapports en 2017.

Les actes de plusieurs ateliers organisés en 2016 ont été publiés en 2017, notamment : *Information Exchange Meeting on Partitioning and Transmutation* (IEMPT) et *Technology and Components of the Accelerator-driven Systems* (TCADS). Le rapport intitulé *The Effects of the Uncertainty of Input Parameters on Nuclear Fuel Cycle Scenario Studies*, préparé par le Groupe d'experts sur les scénarios de cycles avancés du combustible (EGAFCS) a été mis en ligne en mars 2017. Plusieurs rapports ont été finalisés et soumis pour publication, notamment *State-of-the-Art Report on the Progress of Nuclear Fuel Cycle Chemistry* ; un rapport sur les travaux de la phase 2 du Groupe d'experts sur le benchmarking de modèles de boucles thermohydrauliques pour les systèmes

avancés d'énergie nucléaire refroidis au plomb (LACANES) et des rapports sur des installations d'essais sur les matériaux et des installations de R-D pour le retraitement du combustible usé. Plusieurs rapports sont en cours de finalisation.

De nouvelles activités ont également démarré. Le Groupe d'experts de l'AEN sur les combustibles innovants travaille sur les propriétés du combustible pour les réacteurs à neutrons rapides, tandis que le Groupe d'experts de l'AEN sur la chimie du recyclage du combustible (EGFRC) se consacre à un examen international du recyclage et de la réutilisation de composants du combustible usé et à une base de données des agents d'extraction pour le retraitement du combustible usé.

Sûreté-criticité nucléaire

Le Groupe de travail de l'AEN sur la sûreté-criticité nucléaire (WPNCS) est responsable de la coordination et de la maintenance de la base de données sur la composition isotopique du combustible usé (SFCOMPO) et de la base de données du Projet international d'expériences de criticité (ICSBEP). Il est également chargé de coordonner les activités techniques dans les domaines de la quantification des incertitudes pour les évaluations de sûreté-criticité, de l'utilisation du code de transport Monte-Carlo, des données sur la teneur isotopique du combustible usé et des recherches sur la criticité du combustible usé ainsi que sur l'analyse des excursions de criticité.

La base de données SFCOMPO-2.0, développée et tenue à jour par l'AEN en collaboration avec l'Oak Ridge National Laboratory (ORNL), a été mise en ligne en juin 2017. Elle contient des données expérimentales standardisées concernant 750 échantillons de combustible usé provenant de 44 réacteurs. Comparée à la précédente version, SFCOMPO-2.0 contient trois fois plus de données et est désormais disponible en ligne et sur support DVD auprès de l'AEN et du Radiation Safety Information Computational Center (RSICC) des États-Unis.

Les nouvelles versions du manuel ICSBEP et de la base de données du manuel international d'expériences de benchmark de sûreté-criticité (DICE) ont paru en octobre 2017.

Les activités de benchmark de l'AEN ont été axées sur l'évaluation et le traitement rigoureux de la propagation des incertitudes relativement à des problèmes de sûreté-criticité.

Science des matériaux

Le Comité des sciences nucléaires (NSC) a renforcé son programme de travail sur les combustibles nucléaires et les matériaux de structure, articulé autour d'une capacité de modélisation avancée, de recherches sur les matériaux avancés et de la création et la maintenance de bases de données.

En 2017, le Groupe d'experts sur la modélisation multi-échelle des combustibles, qui travaille sous l'égide du Groupe de travail sur la modélisation multi-échelle des combustibles et matériaux de structure pour les systèmes nucléaires (WPMM), a mené à bien une étude sur les gaz de fission intitulée *Unit Mechanisms of Fission Gas Release: Current Understanding and Future Needs*. Cette étude évalue la capacité de prédiction du comportement des produits de fission lors de l'exploitation d'un réacteur et la capacité de concevoir des combustibles ayant un plus grand pouvoir de rétention des produits de fission.

Compte tenu de l'accroissement des activités de R-D consacrées au comportement du combustible, un nouveau groupe d'experts a été créé en 2017 pour étudier le comportement micromécanique du combustible et son impact sur la modélisation multi-physique du combustible à l'échelle macroscopique. Ce groupe a pour objectif de passer en revue les applications actuelles de la modélisation micromécanique aux combustibles nucléaires, d'identifier les limitations, les données sur la validation micro-échelle et les données manquantes sur les matériaux, ainsi que de résumer les progrès attendus à court terme en matière de modélisation micromécanique afin de traiter des questions industrielles clés relatives au comportement du combustible.

Le Groupe d'experts sur les ATF pour réacteurs à eau légère (EGATFL) a obtenu de bons résultats et approche du terme de son mandat. Son rapport final, qui sera publié au début de 2018, présentera l'ensemble des propriétés et comportements fondamentaux du combustible et des matériaux du cœur dans des conditions normales et accidentelles. Ce rapport traitera également de la compatibilité des combustibles avancés avec les nouvelles conceptions de gaines et évaluera le niveau de maturité de différentes options de combustibles et de gaines.

Gestion des connaissances

Le Comité des sciences nucléaires de l'AEN crée et tient à jour des bases de données bien structurées et très faciles d'accès destinées à la préservation et à l'évaluation des informations sur la sûreté-criticité (ICSBEP), la physique des réacteurs (IRPhE), le blindage (SINBAD), le comportement du combustible (IFPE) et la composition isotopique du combustible usé (SFCOMPO). L'outil de test de la sensibilité des données nucléaires (NDaST) inclut désormais des données provenant des bases de données sur la sûreté-criticité (DICE) et la physique des réacteurs (IDAT) et offre un meilleur accès aux fonctionnalités de l'outil de visualisation des données nucléaires JANIS. Cette année, le NSC a créé la base de données expérimentales des installations thermohydrauliques TIETHYS, qui est un moteur de recherche ainsi qu'une plateforme de conservation et de consultation de références. Le NSC assure la maintenance et actualise ces bases de données en étroite collaboration avec la Banque de données de l'AEN.

En 2017, cette suite de bases de données et d'outils d'étude de la sensibilité a été abondamment utilisée par la communauté scientifique, y compris dans le contexte du Groupe de travail sur la coopération internationale pour l'évaluation des données nucléaires (WPEC), du projet pilote d'organisation d'une bibliothèque collaborative internationale de données évaluées (*Collaborative International Evaluated Library Organisation – CIELO*) ou des séries sur l'analyse des incertitudes dans la modélisation (UAM) (voir par exemple, le benchmark sur le réacteur rapide refroidi au sodium [RNR-Na]), ainsi que du projet d'essai, d'évaluation et de validation de données nucléaires (projet de fichier conjoint de données évaluées sur la fission et la fusion [JEFF]). Les agents de l'AEN se sont engagés activement dans la diffusion de ces outils en les présentant lors de conférences majeures (la Conférence internationale sur les mathématiques et les méthodes de calcul appliquées à la science et à l'ingénierie nucléaires 2017 [ANS M&C 2017], la réunion annuelle 2017 de l'American Nuclear Society [ANS] et la 4^e édition de l'Atelier international sur les covariances des données nucléaires [CW17]).

Besoins d'expérimentation

Des experts des pays membres travaillant sous les auspices du Comité des sciences nucléaires réalisent régulièrement des études approfondies sur les combustibles et matériaux innovants. Ces études fournissent des informations détaillées sur les mérites techniques de conceptions avancées et évaluent les données expérimentales et les outils de calcul utilisés pour créer ces conceptions. Toutefois, en dépit de réalisations importantes en la matière, quelques-unes seulement des conceptions avancées étudiées ont été mises en œuvre dans des réacteurs commerciaux. Le NSC a décidé d'axer ses activités dans ce domaine de manière à ce que les résultats répondent aux besoins des fournisseurs de combustibles, des énergéticiens, des organismes de réglementation et des expérimentateurs de programmes nationaux et internationaux, y compris par l'intermédiaire de l'initiative NI2050, qui est soutenue par le Comité du développement nucléaire. À cette fin, le NSC a soutenu l'organisation, en janvier 2018, d'un atelier réunissant les parties prenantes susmentionnées et visant à bâtir un cadre qui mette en regard les besoins et les exigences de chacune des parties. Il s'agit de la première étape d'une démarche qui a pour objectif de favoriser la mise en œuvre industrielle rapide de matériaux innovants qui rendent l'énergie nucléaire à la fois plus sûre et plus rentable économiquement. L'AEN va formuler des propositions pour optimiser les interfaces entre les initiatives du NSC et les activités du CSNI et de NI2050. L'Agence va également travailler avec un éventail élargi de parties intéressées en vue de recueillir leurs propositions pour optimiser la coordination des activités expérimentales, en se concentrant notamment sur les projets expérimentaux communs.



Contact :

Tatiana Ivanova

Chef de la Division des sciences nucléaires

+33 (0)1 45 24 11 70

Tatiana.ivanova@oecd.org

Projets communs

Projet TAF-ID

Le projet de base de données internationale sur la thermodynamique des combustibles avancés (TAF-ID) est financé par dix organisations de sept pays membres de l'AEN. Il vise à établir une base de données sous assurance qualité, à la fois exhaustive et reconnue internationalement, sur les propriétés thermodynamiques des combustibles nucléaires avancés et les diagrammes de phases associés. Son objectif est de répondre aux exigences spécifiques du développement des combustibles avancés destinés à alimenter une future génération de réacteurs nucléaires. De nouvelles versions de la base de données de travail et de la base de données publique ont été mises en ligne en 2017 :

- la version V8 comprend des modèles nouveaux et révisés pour les systèmes binaires et ternaires suivants : U-Zr-O, U-Ce-O, Sr-U-O, Ba-Mo-O, Ni-Zr, U-O-La, U-O-Gd, Cs-I, UO₂-CaO-SiO₂, ZrO₂-CaO-SiO₂ et Mo-U ;
- la version publique comprenant 10 systèmes binaires et 6 systèmes ternaires a été enrichie de nouveaux systèmes (U-Zr-O, Np-U et Np-Zr) et rendue accessible gratuitement aux organisations intéressées des pays membres de l'AEN.

La seconde phase de ce projet est en cours de préparation. L'objectif sera de tester la validité de la base de données TAF-ID en réalisant

des mesures thermodynamiques de compositions de combustible complexes et en comparant les résultats des expériences et les simulations, d'identifier l'origine des divergences constatées entre les expériences et les simulations lors de la première phase du projet TAF-ID, de continuer à développer la base de données en introduisant des modèles pour des systèmes binaires et/ou ternaires manquants et en organisant des séances de formation pour les utilisateurs de la base de données TAF-ID.

Projet TCOFF

Le projet commun sur la caractérisation thermodynamique des débris de combustible et des produits de fission basée sur l'analyse des scénarios de progression de l'accident grave survenu dans la centrale nucléaire de Fukushima Daiichi (TCOFF), soutenu par les laboratoires de collaboration sur les sciences avancées du démantèlement (Collaborative Laboratories for Advanced Decommissioning Science – CLADS) de l'Agence de l'énergie atomique du Japon (JAEA) a été

lancé dans le cadre des activités post-Fukushima du NSC. La réunion de lancement a eu lieu immédiatement après la réunion du CSNI sur les projets concernant Fukushima tenue à Iwaki, au Japon, en juillet 2017.

Au total, 16 organisations de 9 pays membres de l'AEN y participent, ainsi que la Commission européenne (CE). Les objectifs sont d'améliorer la qualité et l'inventaire des bases de données thermodynamiques actuellement utilisées pour modéliser

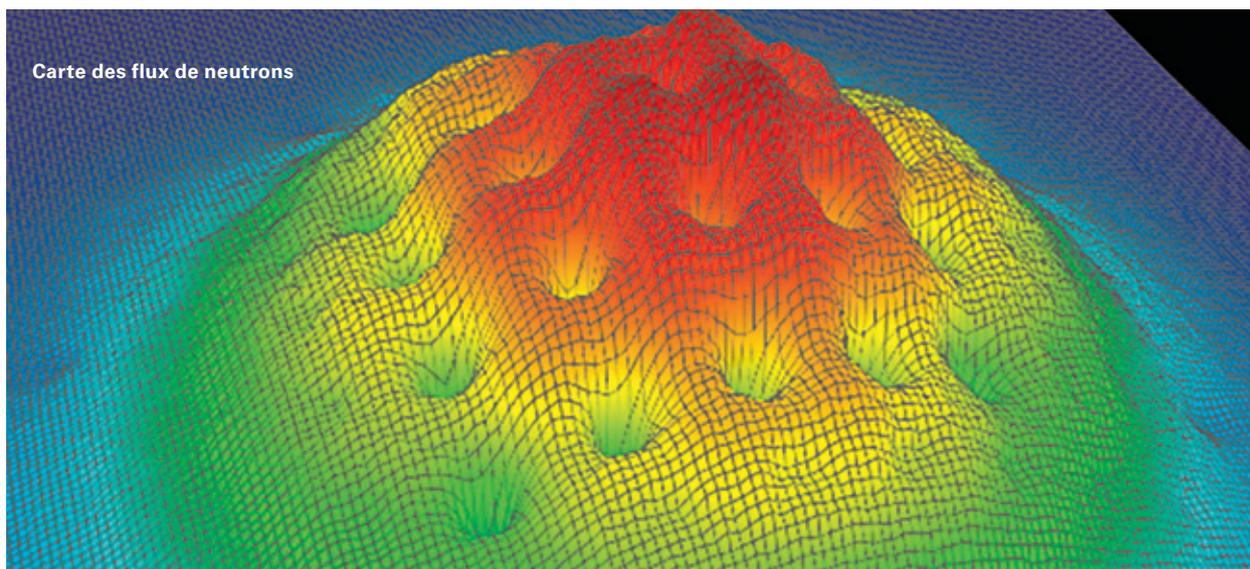
le comportement du combustible à différentes étapes d'un accident grave et de réaliser des évaluations thermodynamiques communes du scénario de progression de l'accident grave de Fukushima Daiichi. Actuellement, une étude est menée pour comparer les capacités prédictives des bases de données thermodynamiques.

Banque de données

L'objectif de l'AEN dans ce domaine est de constituer un centre international de référence pour les outils nucléaires fondamentaux, tels que les codes de calcul et les données nucléaires, utilisés pour analyser et prévoir les phénomènes nucléaires, et d'offrir à ses utilisateurs un service direct comprenant la mise au point, l'application et la validation de ces outils, ainsi que leur fourniture sur demande.

Faits marquants

- L'Argentine et la Roumanie ont adhéré à la Banque de données de l'AEN respectivement le 1^{er} septembre et le 15 octobre 2017.
- Deux Semaines des données nucléaires (Nuclear Data Weeks) ont eu lieu en 2017, rassemblant une communauté d'expérimentateurs, d'évaluateurs et d'utilisateurs experts de données nucléaires travaillant sur divers projets relatifs aux données nucléaires.
- En 2017, les Services de programmes de calcul (CPS), les Services de données nucléaires (NDS) et la Base de données thermodynamiques (TDB) de la Banque de données de l'AEN ont organisé onze formations et ateliers.
- La bibliothèque de données nucléaires JEFF-3.3 a été publiée en décembre 2017 et est disponible sur le site web de l'AEN.
- Le projet TDB a finalisé sa nouvelle base de données électronique, dont la publication est attendue pour le début de 2018.



Services de programmes de calcul

La collection de la Banque de données contient plus de 2 000 codes de calcul et 350 expériences intégrales couvrant tous les domaines relatifs à la conception des réacteurs, à la dynamique, à la sûreté, au blindage contre les rayonnements, au comportement des matériaux et à la gestion des déchets radioactifs. En 2017, 12 nouveaux (ou nouvelles versions de) codes et 3 expériences intégrales y ont été ajoutés.

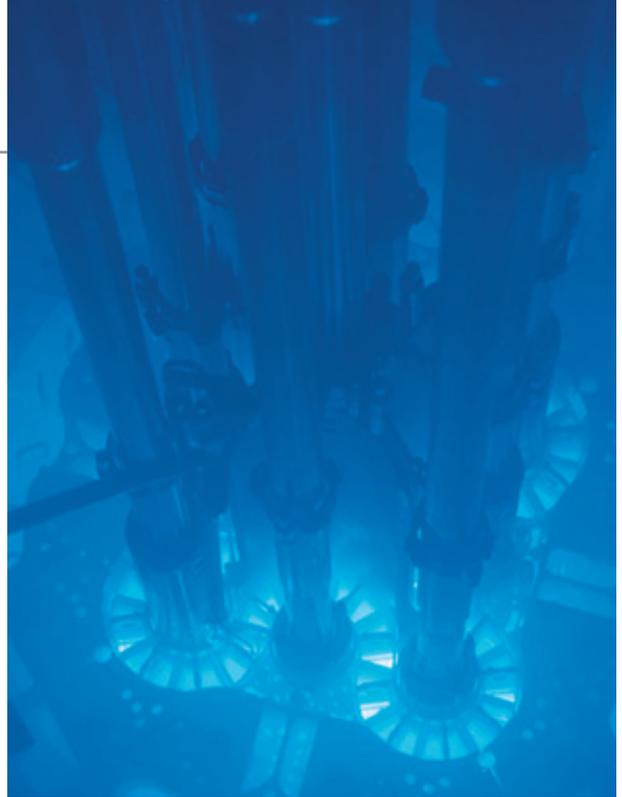
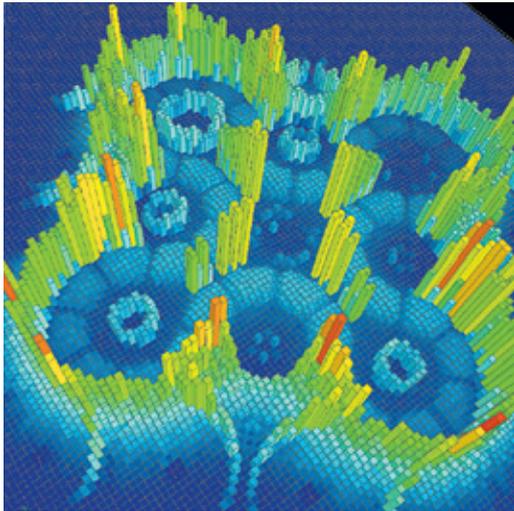
En 2017, la Banque de données a distribué plus de 1 024 codes de calcul et 2 581 expériences intégrales en réponse à des demandes de pays participants. En vertu de l'accord de coopération en vigueur entre le ministère de l'Énergie des États-Unis et l'AEN, la Banque de données de l'AEN est autorisée à distribuer des licences d'utilisation et des codes de calcul américains à ses pays participants.

À ce jour, 909 établissements de pays participants sont officiellement habilités à utiliser les services de programmes de calcul de la Banque de données de l'AEN. Pour de plus amples informations sur les données disponibles, consulter le site web de l'AEN à la page www.oecd-nea.org/dbprog/.

Services de données nucléaires

La Banque de données gère de grandes bases de données nucléaires bibliographiques (Computer Index of Nuclear Data [CINDA]), expérimentales (Experimental Nuclear Reaction Data Retrievals [EXFOR]) et évaluées, consultables en ligne par les scientifiques et ingénieurs des pays participants. En sa qualité de membre du réseau international des centres de données relatives aux réactions nucléaires

Modélisation avancée d'un cœur complet
en réacteur d'essai pour évaluation IRPhE -
visionneur MeshTal.



Le cœur de l'Advanced Test Reactor (ATR).
Permission d'Idaho National Engineering
and Environmental Laboratory (INEEL)

(NRDC) depuis 1966, la Banque de données de l'AEN est responsable de la compilation, dans EXFOR, des données sur les neutrons et les particules chargées générées par les programmes expérimentaux des pays participants. En 2017, elle a traité près de 300 nouvelles entrées, en suivant une procédure de vérification stricte. Au total, elle a compilé 25 % environ des entrées apportées à la base de données EXFOR, compilation internationale de données de réactions nucléaires expérimentales.

Depuis 1981, la Banque de données héberge le projet de Fichier conjoint de données évaluées sur la fission et la fusion (JEFF). JEFF est un effort de coopération entrepris par les pays participants à la Base de données en vue de produire et de distribuer des bibliothèques de données nucléaires évaluées, essentiellement pour les applications de fission et de fusion. En 2017, la Banque de données a publié JEFF-3.3, une mise à jour d'une grande importance pour toutes les sous-librairies : neutrons, diffusion des neutrons thermiques, rendements de fission, données radioactives, sous-librairies dpa et arc-dpa, avec inclusion des dossiers sur les particules chargées et l'activation issus de la bibliothèque TENDL 2017. Pour de plus amples informations sur JEFF-3.3, voir www.oecd-nea.org/dbdata/JEFF33/.

Dans le cadre de ses services, la Banque de données met en œuvre le Cycle d'évaluation des données nucléaires (NDEC) - une plateforme logicielle intégrée pour la vérification, le test, la comparaison et la validation de données nucléaires. Elle a utilisé le NDEC pour réaliser, vérifier et valider le benchmarking de criticité pour tous les fichiers neutrons de JEFF-3.3, y compris les quatre librairies d'essai qui ont conduit à la version 3.3. En 2017, la Banque de données a organisé la première formation de l'AEN sur le traitement des données, avec le code NJOY-2016 qui est désormais de source libre.

La Banque de données aide au développement des bases de données d'expériences intégrales de l'AEN. Ces outils

(par exemple la Base de données du Manuel international des expériences évaluées de benchmarking de la sûreté-criticité [DICE], l'outil d'analyse et de base de données du manuel international de physique des réacteurs [IDAT] et la base de données sur la composition isotopique du combustible usé [SFCOMPO]) permettent aux utilisateurs de rechercher, visualiser et comparer les résultats d'expériences intégrales.

La Banque de données est chargée du développement de la suite logicielle JANIS (Java-based Nuclear Data Information System), outil de visualisation des sections efficaces de première importance. JANIS est conçue pour faciliter la visualisation, la comparaison et la manipulation de données nucléaires. Elle est mise à jour chaque année pour permettre un accès aux évaluations de données nucléaires les plus récentes, prendre en compte le retour des utilisateurs et proposer de nouvelles fonctionnalités.

Dans le cadre de leurs travaux sur les données nucléaires, les services de données nucléaires collaborent étroitement avec le Groupe de travail de l'AEN sur la coopération internationale pour l'évaluation des données nucléaires (WPEC), qui supervise les groupes chargés de la liste des demandes prioritaires de données nucléaires (HPRL) et de la définition recommandée d'un nouveau format de structure générale de base de données nucléaires (GNDS).



Contact :
Jim Gulliford
Chef de la Banque de données
+33 (0)1 45 24 10 70
jim.gulliford@oecd.org

Projet commun

Projet de base de données thermodynamiques

Lancé en 1984 par le Comité de la gestion des déchets radioactifs (RWMC), le projet de base de données thermodynamiques sur les espèces chimiques (TDB) vise à constituer une base de données de haute qualité, indispensable aux modélisations effectuées dans le cadre des études de sûreté des centres de stockage de déchets radioactifs. Le mandat actuel du projet est valable jusqu'en mars 2019. Quinze organisations représentant douze pays concourent au projet.

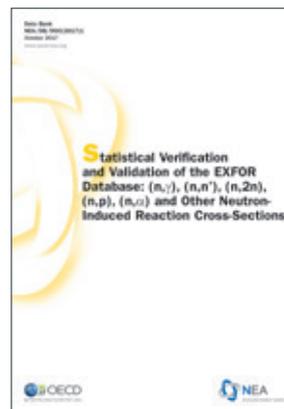
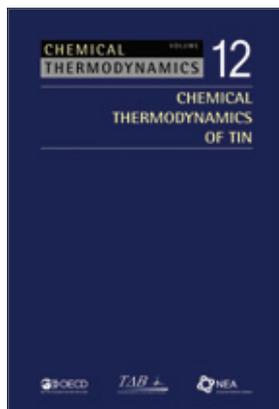
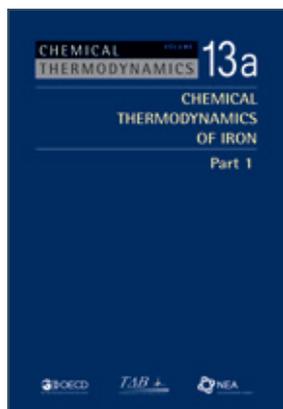
Jusqu'à présent, le projet TDB a produit 13 volumes de données thermodynamiques dont la qualité est attestée et qui sont internationalement reconnues. Les travaux en cours visent à achever quatre examens :

- propriétés du fer (deuxième volume) ;
- propriétés du molybdène ;
- propriétés d'une sélection de composés auxiliaires ;
- une deuxième mise à jour des données thermodynamiques de l'uranium, de l'américium, du neptunium, du plutonium et du technétium.

Deux rapports présentant l'état des connaissances sont en préparation et devraient être publiés en 2019 :

- un rapport sur la thermodynamique des phases cimentaires ;
- un rapport d'évaluation de démarches expérimentales et de modélisation de solutions à force ionique élevée.

L'actualisation de la base électronique TDB a été achevée en août 2017. L'équipe chargée du projet travaille actuellement à l'importation des données thermodynamiques de l'ancienne base de données en vue de mettre le nouvel outil à la disposition des utilisateurs au milieu de l'année 2018. En septembre 2017, l'AEN a organisé une formation d'une journée sur la collecte et l'évaluation des données thermodynamiques à Barcelone, en Espagne. Les préparatifs pour la sixième phase du projet sont en cours. TDB-6 comptera un nouveau participant (l'Organisation centrale pour les déchets radioactifs [COVRA] des Pays-Bas). Il est prévu que l'Accord soit signé par tous les participants en 2018.



Droit nucléaire

L'objectif de l'AEN dans ce secteur est de contribuer à la création de régimes juridiques nationaux et internationaux solides pour l'exploitation de l'énergie nucléaire à des fins pacifiques, y compris pour ce qui est de la sûreté nucléaire, du commerce international de matières et d'équipements nucléaires, des questions de la concertation publique et de la responsabilité et de la réparation des dommages nucléaires, et de constituer un centre majeur d'information et d'enseignement sur le droit nucléaire. Les agents apportent leur appui au Comité du droit nucléaire (NLC) et à ses groupes de travail.

Développement et harmonisation du droit nucléaire

Les pays membres attachent toujours la plus grande importance à la mise en œuvre d'un régime de responsabilité civile nucléaire qui garantisse une réparation suffisante et équitable des dommages causés par un accident nucléaire. Les États parties à la Convention de Paris sur la responsabilité civile dans le domaine de l'énergie nucléaire (la Convention de Paris) et à la Convention de Bruxelles complémentaire à la Convention de Paris (la Convention complémentaire de Bruxelles) ont œuvré pour l'entrée en vigueur des Protocoles de 2004 portant modification de ces instruments. Le Protocole de 2004 portant modification de la Convention de Paris n'est pas encore entré en vigueur, en raison d'une décision du Conseil de l'Union européenne (UE) (2004/294/EC), qui requiert des pays membres de l'UE qui sont parties contractantes à la Convention de Paris (à l'exception du Danemark et de la Slovaquie) qu'ils déposent simultanément leurs instruments de ratification du protocole. Le Protocole portant modification de la Convention complémentaire de Bruxelles requiert, quant à lui, une ratification par toutes les parties contractantes à la Convention. L'Italie est le dernier membre de l'UE à finaliser le processus législatif national qui permettra l'entrée en vigueur des protocoles de 2004.

Lors de la réunion du NLC tenue en juin 2017, plusieurs pays membres (le Canada, le Royaume-Uni et la Suisse) et non membres (la Chine et la Lituanie) ont présenté les dernières évolutions du droit nucléaire sur leur territoire. L'Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA) et la Commission européenne (CE) ont abordé des questions qui relèvent de leur compétence et présentent un intérêt particulier, et le NLC a examiné plusieurs points relatifs à l'interprétation et à l'application de la Convention de Paris.

Faits marquants

- Du 18 au 20 octobre 2017, le NLC et l'autorité de sûreté nucléaire de la République slovaque ont organisé ensemble le Troisième atelier international sur l'indemnisation des dommages en cas d'accident nucléaire, à Bratislava. Cet événement a rassemblé plus de 170 participants de 24 pays membres de l'AEN et de 8 pays non membres.
- Deux des trois nouveaux groupes de travail du NLC créés en 2016 – le Groupe de travail sur la responsabilité civile nucléaire et le transport (WPNLT) et le Groupe de travail sur les aspects juridiques de la sûreté nucléaire (WPLANS) – ont tenu respectivement leurs première et deuxième réunions.
- Un numéro du *Bulletin de droit nucléaire* a été publié, présentant des articles sur le processus d'autorisation des nouveaux réacteurs nucléaires, les évolutions du droit nucléaire international et la responsabilité civile nucléaire.
- Des professionnels et des experts de plus de 40 pays ont participé à la 17^e session de l'École internationale de droit nucléaire (EIDN), fin août-début septembre, et à la 6^e session des Notions fondamentales du droit nucléaire (INLE) en février.
- Un rapport national sur le cadre réglementaire et institutionnel régissant les activités nucléaires dans les pays membres de l'OCDE et de l'AEN a été mis à jour sur le site web, en coopération avec la délégation nationale concernée.

Les membres du comité ont également été tenus informés de l'activité des groupes de travail, à savoir le Groupe de travail sur le Stockage géologique et la responsabilité civile nucléaire (WPDGR), le WPNLT et le WPLANS. Ils ont également assisté à des présentations de la Division de l'économie et du développement des technologies nucléaires et des délégations américaine, française et russe sur l'application de la responsabilité civile nucléaire aux petits réacteurs modulaires (SMR). Enfin, le Comité s'est intéressé à l'application des Conventions d'Espoo et d'Aarhus en relation avec les activités nucléaires. Le représentant de la Commission européenne a présenté le deuxième rapport sur l'application de la Directive relative à l'évaluation environnementale stratégique (la Directive ESE).

En juin 2017, le WPLANS a tenu sa deuxième réunion. Dans un premier temps, ses membres ont décidé de concentrer leurs travaux sur l'analyse des cadres juridiques de l'exploitation continue, à long terme ou prolongée de l'énergie nucléaire et/ou des réacteurs de recherche construits par les pays membres de l'AEN. Le Bureau des affaires juridiques a distribué une enquête sur ce sujet au NLC et au WPLANS, en demandant des réponses avant la fin de 2017. Les informations reçues seront rassemblées dans un document de référence.

En 2017, le WPNLT a tenu sa première réunion, consacrée à son programme de travail. À cette occasion, le Groupe



La sixième session de l'INLE
a eu lieu les 20-24 février 2017.

d'experts de l'AEN sur la gestion des déchets radioactifs avant leur stockage (EGPMRW) et le World Nuclear Transport Institute ont rendu compte de leurs activités, de manière à ce que le WPNLT puisse réfléchir à de nouvelles coopérations à l'avenir. Le groupe a également discuté de l'opportunité d'une enquête sur les législations nationales applicables au transport et au transit nucléaires. Cette enquête permettrait à l'AEN de préparer un document public fournissant des informations pratiques sur les questions administratives relatives à la responsabilité nucléaire pour la préparation du transport de substances nucléaires. Enfin, le groupe a traité de la disponibilité d'assurances couvrant les dommages causés par des sources radioactives.

L'AEN a contribué aux travaux du Groupe d'experts sur la responsabilité nucléaire (INLEX) de l'AIEA, de l'Association internationale de droit nucléaire et de la World Nuclear Association, ainsi qu'à des programmes d'enseignement en droit nucléaire, comme le Winter Course on Nuclear Law organisé à New Delhi, en Inde, par l'Association de droit nucléaire de l'Inde et l'université TERI.

Troisième atelier international sur la responsabilité nucléaire

Du 18 au 20 octobre 2017, le NLC et l'autorité de sûreté nucléaire de la République slovaque ont coorganisé le Troisième atelier international sur l'indemnisation des dommages en cas d'accident nucléaire, à Bratislava, en République slovaque. Cet événement a rassemblé plus de 170 participants de 24 pays membres de l'AEN et de 8 pays non membres représentant un large éventail d'organisations, dont des agences gouvernementales, des autorités de sûreté, des exploitants, des fournisseurs, des pools d'assurance nucléaire et des cabinets d'avocats. Son objectif était d'explorer l'application pratique des instruments internationaux de responsabilité civile nucléaire et leurs conséquences vis-à-vis des États qui ne sont pas parties aux conventions, dans le cas où un accident nucléaire causerait des dommages transfrontières. Les participants ont discuté des démarches qui permettraient de déterminer les dommages à indemniser, de démontrer le lien de causalité entre les dommages et l'accident nucléaire, d'identifier l'entité responsable, de gérer les sinistres, de régler les différends et de veiller à une indemnisation financière adéquate des victimes.

Publications relatives au droit nucléaire

Le *Bulletin de droit nucléaire* (BDN) est une publication internationale unique en son genre destinée aux juristes et aux universitaires spécialistes du droit nucléaire. Il fournit des informations détaillées sur l'évolution du droit en la matière. Des articles thématiques rédigés par des juristes de renom font état de l'évolution des différentes législations en vigueur à travers le monde, de la jurisprudence et des

accords internationaux, ainsi que des activités des organisations intergouvernementales. Le 99^e numéro du BDN a été publié en 2017 et contient des articles sur des sujets tels que le processus d'autorisation des nouveaux réacteurs nucléaires, les évolutions du droit nucléaire international et la responsabilité civile nucléaire. Tous les numéros publiés sont consultables en ligne gratuitement à la page www.oecd-nea.org/law/nlbr/index.html.

Le site web de l'AEN propose également des descriptifs de la réglementation et du cadre institutionnel des activités nucléaires de chaque pays membre (consultables à la page www.oecd-nea.org/law/legislation/fr/). L'AEN poursuit ses efforts concertés de mise à jour des informations concernant les différentes législations nationales et tient à remercier de leur soutien les pays membres de l'AEN et de l'OCDE. La mise à jour parue en 2017 porte sur le Japon. Le Bureau des affaires juridiques de l'AEN prépare activement plus de dix autres mises à jour avec les pays concernés.

Programmes de formation en droit nucléaire

La sixième session des Notions fondamentales du droit nucléaire international (INLE), une formation intensive d'une semaine consacrée au cadre international du droit nucléaire ainsi qu'aux grands thèmes en rapport avec les utilisations pacifiques de l'énergie nucléaire, s'est tenue du 20 au 24 février 2017. Elle a mobilisé des professionnels internationaux de 13 pays différents pour une série de conférences données par 23 orateurs, dont le Directeur général de l'AEN, M. William D. Magwood, IV et le membre de la Nuclear Regulatory Commission des États-Unis, M. Stephen G. Burns, sur les thèmes de la sûreté nucléaire, de la sécurité nucléaire, de la non-prolifération et de la responsabilité civile nucléaire. De plus amples informations sont consultables à la page www.oecd-nea.org/law/isnl/index-fr.html.

La 17^e session de l'École internationale de droit nucléaire (EIDN), un programme de formation unique en son genre organisé par l'AEN et l'université de Montpellier, s'est tenue du 21 août au 1^{er} septembre 2017. Au fil de ses 17 sessions, l'EIDN a dispensé une formation de haute qualité à plus de 950 participants venus des cinq continents. La dernière en date a attiré 64 participants - sélectionnés parmi 170 candidats - de 40 pays, dont certains ont été parrainés par l'AIEA. Ce programme rassemble les principaux experts en matière de sûreté, de sécurité, de responsabilité civile, de non-prolifération et de garanties nucléaires et propose une étude approfondie des aspects juridiques de l'utilisation et de la surveillance de l'énergie nucléaire. Les participants à l'EIDN peuvent se porter candidats à un diplôme universitaire en droit nucléaire international reconnu par l'université de Montpellier. De plus amples informations sont consultables à la page www.oecd-nea.org/law/isnl/index-fr.html.



Contact :
Ximena Vásquez-Maignan
Chef du Bureau des affaires juridiques
+33 (0)1 45 24 10 30
ximena.vasquez@oecd.org

Information et communication

L'objectif de l'AEN dans ce domaine est de fournir aux gouvernements des pays membres et à d'autres parties prenantes importantes des informations sur les activités de l'AEN, et de faire mieux connaître et mieux comprendre les dimensions scientifiques, techniques, économiques et juridiques des activités nucléaires, tout en rehaussant la notoriété de l'AEN.

L'AEN est une agence intergouvernementale qui se consacre à l'étude des dimensions scientifiques, techniques et économiques de l'énergie nucléaire. Elle s'efforce de transmettre dans les meilleurs délais une information factuelle de haute qualité à ses pays membres ainsi qu'aux autres parties intéressées qui souhaitent en savoir davantage sur les multiples aspects de l'énergie nucléaire ainsi que sur les résultats des travaux de l'Agence.

Relations avec les médias

En 2017, les relations avec les médias ont couvert de nombreux sujets ayant trait au développement et à l'utilisation de l'énergie nucléaire. L'AEN a publié 24 dépêches et communiqués de presse informant les médias de : l'Atelier de l'AEN sur la participation des parties prenantes aux décisions concernant l'énergie nucléaire, l'adhésion de l'Argentine et de la Roumanie à l'AEN, la signature d'un protocole d'accord entre l'Electric Power Research Institute, Inc. (EPRI) et l'AEN, le premier Atelier international de mentorat en science et en ingénierie de l'AEN, tenu à Chiba, au Japon, la signature d'un protocole d'accord entre la World Association of Nuclear Operators (WANO) et l'AEN et la Conférence ministérielle de l'AIEA sur l'énergie nucléaire au XXI^e siècle, organisée en coopération avec l'AEN.

Au cours de l'année écoulée, l'AEN et son Directeur général ont été cités dans de nombreux articles parus dans des publications spécialisées et la presse internationale, dont *World Nuclear News*, *The Economist*, *Nuclear Energy Insider*, *Deutsche Welle*, *CBS News*, *BBC* et *Les Échos*. Le Directeur général de l'Agence a également été interviewé par CNBC et est apparu dans un épisode de l'émission de télévision *Sustainable Energy* consacré à l'énergie nucléaire.

Publications

En 2017, l'AEN a publié 24 ouvrages, tous mis gratuitement en ligne sur son site Internet à la page www.oecd-nea.org/pub. La liste de ces publications peut être consultée à la

Faits marquants

- En 2017, l'AEN a publié 24 ouvrages et 48 rapports techniques. Globalement, la diffusion et les téléchargements se sont maintenus à des niveaux très importants.
- L'AEN a publié 24 dépêches et communiqués de presse concernant notamment l'Atelier de l'AEN sur la participation des parties prenantes aux décisions concernant l'énergie nucléaire, l'adhésion de l'Argentine et de la Roumanie à l'AEN et le premier Atelier international de mentorat en science et en ingénierie de l'AEN, tenu à Chiba, au Japon.
- L'Agence a beaucoup utilisé ses plateformes de réseau en ligne pour faire connaître ses publications récentes, les dernières nouvelles et les événements.
- L'AEN a continué d'accroître sa notoriété, notamment grâce à la participation de sa direction à des événements internationaux majeurs dans les pays membres et ailleurs.

page 66. Au total, 48 rapports techniques de l'AEN ont également été diffusés dans la série « R » des documents déclassifiés : ils sont directement téléchargeables depuis les pages Internet relatives aux différents domaines d'activité de l'AEN.

Les rapports les plus consultés sur le site Internet en 2016 sont notamment *Projected Costs of Generating Electricity – 2015 Edition*; *Uranium 2016: Resources, Production and Demand*; *Costs of Decommissioning Nuclear Power Plants*; *Nuclear Energy Data 2016*; et *Small Modular Reactors: Nuclear Energy Market Potential for Near-term Deployment*.

NEA News, la revue spécialisée de l'Agence, tient les correspondants de l'AEN et les autres professionnels intéressés informés des principaux résultats et progrès du programme de travail de l'Agence. Elle propose des articles de fond sur les dernières avancées dans le domaine de l'énergie nucléaire, des nouvelles sur l'avancement des travaux de l'Agence, ainsi que des brèves et des informations sur ses publications et ses événements à venir.

En 2017, *NEA News* a traité de sujets tels que la gestion des situations historiques, le soutien de l'AEN à la planification stratégique du démantèlement de Fukushima Daiichi, l'avenir de l'approvisionnement en radioisotopes à usage médical, les réacteurs avancés, les besoins futurs du marché de l'énergie et la méthode de présentation des inventaires nationaux de combustible usé et de déchets radioactifs élaborée par l'AEN. Les numéros de *NEA News* sont téléchargeables gratuitement sur le site web de l'Agence à l'adresse www.oecd-nea.org/nea-news.

Communication en ligne

La présence en ligne et l'utilisation des nouvelles technologies constituent un pilier central de la communication de l'AEN sur ses travaux et réalisations. En 2017, le trafic enregistré sur son site web est resté stable, et les sections du site qui ont totalisé le plus grand nombre de pages vues ont été le système JANIS de visualisation au format Java des données nucléaires, géré par la Banque de données de l'AEN, la



Le premier atelier international de mentorat de l'AEN sur les sciences et l'ingénierie, tenu à Chiba, au Japon.

bibliothèque commune de données nucléaires évaluées sur la fission et la fusion (JEFF) et la section News.

Les plateformes de réseau en ligne ont contribué à renforcer la communication sur les activités de l'AEN, qui entretient une présence régulière sur Facebook et LinkedIn, et peut être suivie sur Twitter @OECD_NEA. En 2017, la fréquence des billets et l'engagement de l'Agence ont augmenté sur ces trois plateformes. L'Agence a continué de gagner rapidement en visibilité sur les réseaux sociaux, avec un nombre d'abonnés en progression de 23,1 % sur Twitter, 20,4 % sur LinkedIn et 13 % sur Facebook.

L'Agence a également intégré la vidéo dans sa stratégie de communication numérique et a réactivé son profil Youtube. Deux vidéos long format et sept vidéos de format court ont été créées et diffusées sur Youtube et Facebook, ce qui a augmenté la visibilité des réalisations, des publications et des événements de l'AEN. Parmi les sujets couverts en 2017 ont figuré la signature du protocole d'accord entre l'AEN et la WANO, le numéro 35.1 de *NEA News* et le premier Atelier international de mentorat en science et en ingénierie de l'AEN, tenu à Chiba, au Japon.

Le nombre d'abonnés au bulletin mensuel d'information, qui avoisine 20 000, reste stable. Distribuée gratuitement, cette publication fait chaque mois le point des nouveaux travaux, activités et rapports de l'Agence. Il est possible de soumettre une demande d'abonnement à l'adresse www.oecd-nea.org/bulletin/ et de consulter les numéros actuels ou anciens à l'adresse www.oecd-nea.org/general/mnb/.

Les délégués de l'AEN utilisent de plus en plus fréquemment les services en ligne. La plupart des comités de l'AEN et de leurs groupes de travail font largement appel à ces outils de communication : pages extranet protégées par mot de passe, listes électroniques de discussion ou espaces virtuels de travail collaboratif. Le Portail des délégués (Delegates' Area) leur est également toujours très utile. Cette section du site web met à la disposition des utilisateurs autorisés les documents officiels de l'Agence, des informations sur les réunions de l'AEN à venir, les coordonnées des membres des comités ainsi que les exposés et documents de réflexion préparés pour le Comité de direction et ses débats de politique générale.

Relations publiques et visibilité de l'AEN sur la scène internationale

En 2017, le Directeur général, William D. Magwood, IV a prononcé des allocutions dans plusieurs pays et dans diverses enceintes, pour délivrer des messages clés concernant l'énergie nucléaire et le travail de l'AEN lors des événements suivants : la 32^e Conférence annuelle de l'énergie atomique en Corée, en avril ; le Congrès international sur les avancées dans les centrales nucléaires (ICAPP), au Japon, en avril ; le deuxième World Nuclear Energy Development Forum, en Chine, en avril ; la réunion annuelle de l'American Nuclear

Society (ANS), aux États-Unis, en juin ; le Forum international ATOMEXPO 2017, en Russie, en juin ; l'Atelier international sur le démantèlement des centrales nucléaires, au Japon, en juin ; le deuxième Forum international sur le démantèlement de la centrale nucléaire de Fukushima Daiichi, au Japon, en juillet ; le 4^e Symposium international sur les améliorations de la sûreté et la confiance des parties prenantes dans la gestion des déchets radioactifs (SaRaM), en Corée, en septembre ; et le Symposium 2017 de la World Nuclear Association, au Royaume-Uni, en septembre. Le Directeur général a également donné des conférences et participé à des débats avec des étudiants dans plusieurs institutions d'enseignement supérieur, dont l'Institut Balseiro, la Handong Global University, l'Institut Jorge A. Sabato et les universités de Bombay et de Pitești.

En 2017, l'AEN a coparrainé plusieurs événements internationaux dans lesquels le Directeur général et des experts de l'Agence sont intervenus, notamment :

- l'Atelier sur les méthodes actuelles et émergentes d'optimisation de la sûreté et de l'efficacité du démantèlement nucléaire à Sarpsborg, en Norvège, du 7 au 9 février ;
- le Certificate Course on Nuclear Energy and Law, du 6 au 11 mars, à New Delhi (Inde) ;
- la Conférence RICOMET 2017 sur les aspects sociaux et éthiques du processus décisionnel lié aux situations de risque radiologique, à Vienne, en Autriche, du 27 au 29 juin ;
- le sixième Symposium de la région Asie-Pacifique sur la radiochimie (APSORC17) à Jeju, en Corée, du 17 au 22 septembre ;
- la Conférence internationale sur le cycle du combustible nucléaire (GLOBAL 2017) à Séoul, en Corée, du 24 au 29 septembre ;
- le quatrième Symposium international sur le système de protection radiologique (ICRP), en collaboration avec la deuxième Semaine européenne de la recherche en protection radiologique (ERPW) à Paris, en France, du 10 au 12 octobre ;
- la Conférence ministérielle sur l'énergie nucléaire au XXI^e siècle, à Abou Dhabi, aux Émirats arabes unis, du 30 octobre au 1^{er} novembre ;
- le dixième Symposium international sur la libération des matières radioactives du contrôle réglementaire : dispositions concernant l'autorisation et l'exemption, à Berlin, en Allemagne, du 7 au 9 novembre ;
- le deuxième Atelier sur le contrôle réglementaire des sites historiques : de la reconnaissance à la résolution, à Lillehammer, en Norvège, du 21 au 23 novembre.

Poste
vacant

**Chef du Cabinet, Chef du Secrétariat central,
des relations extérieures et des relations
publiques**

Organisation de l'AEN

L'Agence pour l'énergie nucléaire (AEN) est une institution semi-autonome de l'Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE). Les pays membres de l'OCDE qui souhaitent participer aux activités de l'Agence doivent en faire la demande officielle. L'AEN compte actuellement 33 pays membres :

Allemagne	Japon
Argentine	Luxembourg
Australie	Mexique
Autriche	Norvège
Belgique	Pays-Bas
Canada	Pologne
Corée	Portugal
Danemark	République slovaque
Espagne	République tchèque
États-Unis	Roumanie
Finlande	Royaume-Uni
France	Russie
Grèce	Slovénie
Hongrie	Suède
Irlande	Suisse
Islande	Turquie
Italie	

L'AEN est dirigée par le **Comité de direction de l'énergie nucléaire**, constitué principalement de représentants à haut niveau des autorités nationales chargées de l'énergie nucléaire et des ministères compétents. Le Comité de direction supervise et oriente les travaux de l'Agence pour s'assurer qu'ils répondent aux besoins des pays membres, notamment au moment d'établir le programme biennal de

travail et du budget. Le Comité de direction approuve le mandat des sept comités techniques permanents et d'un conseil d'administration (voir page 65).

En 2017, les membres du **Bureau du Comité de direction** de l'énergie nucléaire étaient :

- Mme Marta ŽIAKOVÁ (République slovaque), Présidente
- M. Jan BENS (Belgique), Vice-président
- M. Richard STRATFORD (États-Unis), Vice-président
- M. Hiroshi YAMAGATA (Japon), Vice-président
- Dr Wonpil BAEK (Corée), Vice-président
- Mme Anne LAZAR-SURY (France), Vice-présidente

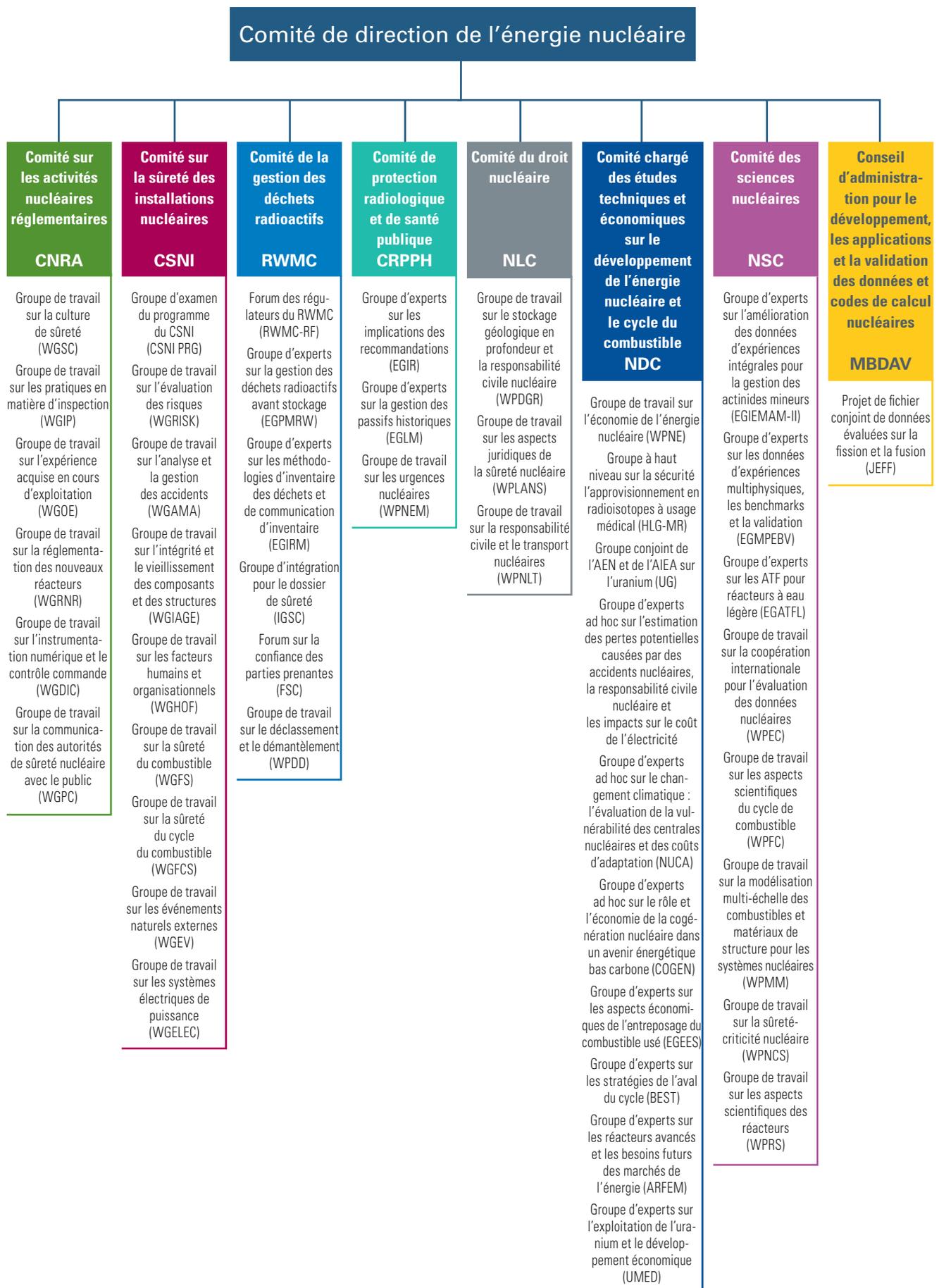
Les comités techniques permanents et le conseil d'administration de la Banque de données sont principalement composés de spécialistes et de techniciens des pays membres. Ces organes font l'originalité et la force de l'AEN, car ils lui confèrent toute la souplesse nécessaire pour s'adapter à de nouvelles thématiques et parvenir rapidement à un consensus. Leurs grands domaines d'activité sont indiqués sur l'organigramme ci-après.

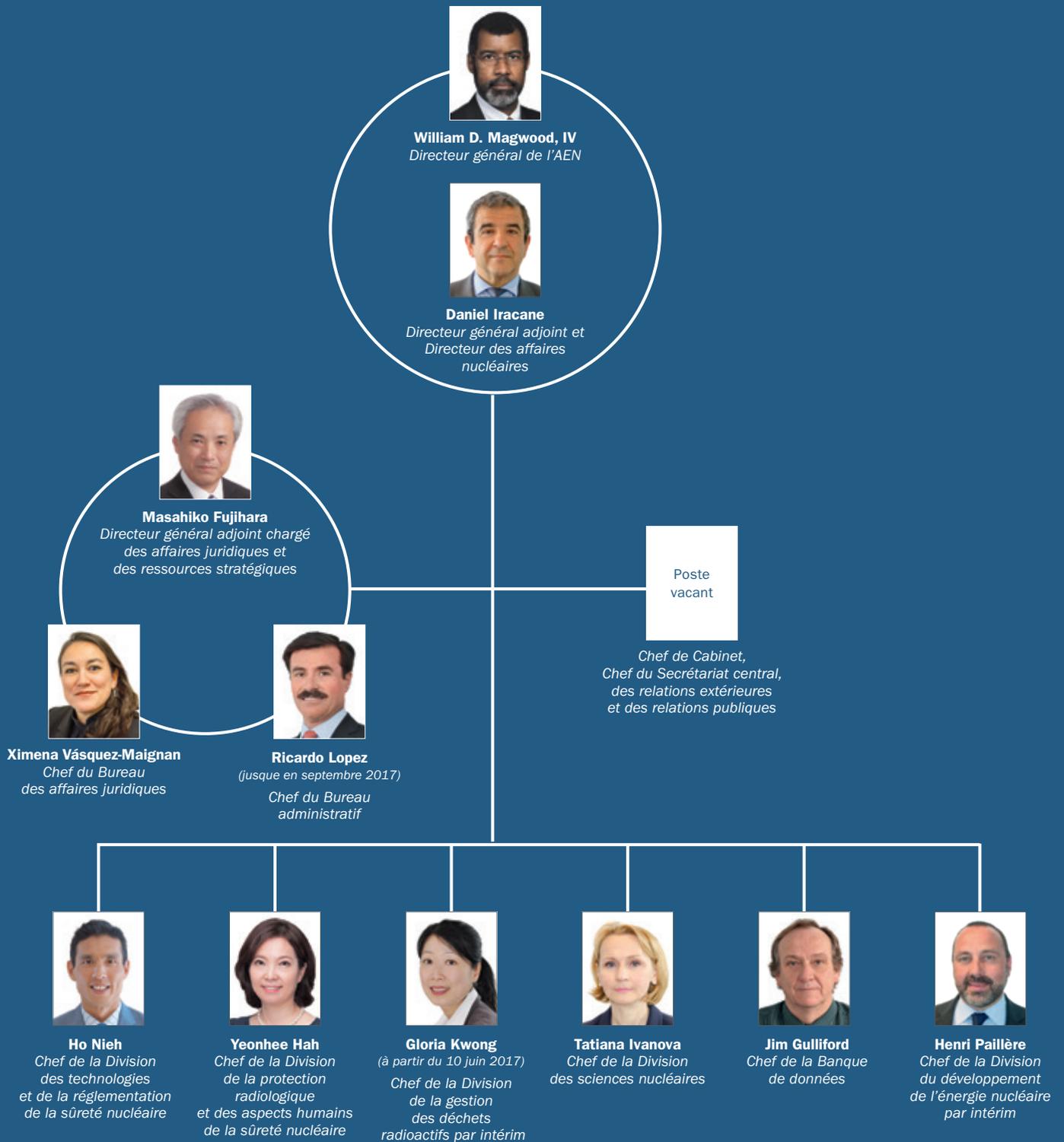
Le Comité de direction de l'énergie nucléaire, les sept comités techniques permanents et le conseil d'administration de l'Agence sont coordonnés par le **Secrétariat de l'AEN**. Ensemble, ils sont composés de 111 agents professionnels et de soutien originaires de 19 pays. Le personnel professionnel comprend souvent des spécialistes des administrations et des établissements de recherche nationaux qui font profiter l'Agence de leur expérience pendant deux à cinq ans en moyenne.

La participation de pays non membres aux travaux de l'Agence est une pratique courante. Des experts de certains **pays partenaires**, dont la Chine et l'Inde, prennent part aux activités de l'AEN en qualité d'invités ou de participants.



Bâtiment de l'OCDE à Boulogne.

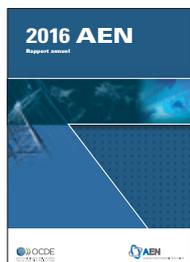




Toutes les publications de l'AEN sont disponibles gratuitement sur le site Internet.

VO = En anglais seulement.

Intérêt général



Rapport annuel 2016

AEN n° 7350.
72 pages.

Annual Report 2016

NEA No. 7349.
68 pages.



NEA News, No. 34.2 VO

NEA No. 7292.
28 pages.

NEA News, No. 35.1 VO

NEA No. 7347.
32 pages.



Agence pour l'Énergie Nucléaire

28 pages.

Aussi disponible en anglais.

Disponible en ligne :
<http://oe.cd/neabrochure>

Développement de l'énergie nucléaire et le cycle du combustible



Données sur l'énergie nucléaire 2017/Nuclear Energy Data 2017

AEN n° 7365. 100 pages.
Disponible en ligne :
<http://oe.cd/2aK>

Les *Données sur l'énergie nucléaire*, compilation annuelle de statistiques et de rapports nationaux de l'Agence de l'OCDE pour l'énergie nucléaire, présentent la situation de l'énergie nucléaire dans les pays membres de l'AEN et dans la zone de l'OCDE. Les informations communiquées par les gouvernements comprennent des statistiques sur la production d'électricité totale et nucléaire, les capacités et les besoins du cycle du combustible et, lorsqu'elles sont disponibles, des projections jusqu'en 2035. Les rapports nationaux présentent brièvement les politiques énergétiques et les évolutions du cycle du combustible. En 2016, l'électronucléaire a continué de générer des quantités importantes d'électricité en base faiblement carbonée, et ce en dépit de la forte concurrence des combustibles fossiles bon marché et des énergies renouvelable subventionnées. Cette même année, trois nouveaux réacteurs ont été raccordés au réseau en Corée, aux États-Unis et en Russie. Au Japon, trois réacteurs ont été redémarrés, ce qui porte à cinq le nombre de tranches en exploitation répondant à la nouvelle réglementation en vigueur. Trois réacteurs ont été officiellement mis hors service en 2016 – un aux États-Unis, un au Japon et un en Russie. Les pays décidés à inclure le nucléaire dans leur bouquet énergétique ont poursuivi leurs projets de développement ou d'augmentation de la puissance nucléaire installée. Ainsi, les projets de construction en Finlande, en Hongrie, au Royaume-Uni et en Turquie

ont progressé. Le lecteur trouvera de plus amples informations sur ces évolutions et d'autres développements dans les nombreux tableaux, graphiques et rapports nationaux que contient cet ouvrage.



Impacts of the Fukushima Daiichi Accident on Nuclear Development Policies VO

AEN n° 7212. 68 pages.
Disponible en ligne :
<http://oe.cd/1Sr>

The Fukushima Daiichi nuclear power plant accident has had an impact on the development of nuclear power around the world. While the accident was followed by thorough technical assessments of the safety of all operating nuclear power plants, and a general increase in safety requirements has been observed worldwide, national policy responses have been more varied. These responses have ranged from countries phasing out or accelerating decisions to phase out nuclear energy to countries reducing their reliance on nuclear power or on the contrary continuing to pursue or expand their nuclear power programmes. This study examines changes to policies, and plans and attempts to distinguish the impact of the Fukushima Daiichi accident from other factors that have affected policymaking in relation to nuclear energy, in particular electricity market economics, financing challenges and competition from other sources (gas, coal and renewables). It also examines changes over time to long-term, quantitative country projections, which reveal interesting trends on the possible role of nuclear energy in future energy systems.



NEA Workshop on Stakeholder Involvement in Nuclear Decision Making VO

Summary Report
AEN n° 7302. 83 pages.

Disponible en ligne : <http://oe.cd/2aJ>

See the video at: <https://youtu.be/h4pb471I06U>

Because nuclear issues are embedded in broader societal issues such as the environment, energy, risk management, health policy and sustainability, they can often generate considerable interest and concern. Actors involved in the nuclear energy sector, including regulators, governments and licensees, share the goal of reaching accepted, sustainable decisions and to ensure that the decision-making process is transparent. Stakeholder involvement in decision making is today seen as an essential means for improving decisions and for optimising their implementation.

In this context, the Nuclear Energy Agency (NEA) organised a Workshop on Stakeholder Involvement in Nuclear Decision Making in January 2017, acknowledging that different countries and sectors may face similar challenges and that sharing experiences and approaches could be useful. The workshop was an opportunity to bring together experts with first-hand knowledge and experience in areas related to nuclear law, regulatory practices, radiological protection, nuclear waste management, the deployment of new nuclear facilities, extended operation of nuclear facilities, deployment of other energy technologies and infrastructures, and social and traditional media.

This summary report attempts to capture the collective wisdom generated over three days of interaction. It highlights some commonalities and differences in views and approaches, and identifies particular lessons that can be applied to improve the strategy and practice of involving stakeholders in decision making. Overall, the learning gained from this workshop can benefit governments and citizens alike.

Sûreté et réglementation nucléaires

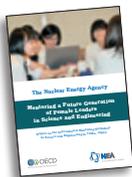


State-of-the-Art Report on Molten Corium Concrete Interaction and Ex-Vessel Molten Core Coolability ^{vo}

AEN n° 7392. 365 pages.
 Disponible en ligne : <http://oe.cd/2eT>

Activities carried out over the last three decades in relation to core-concrete interactions and melt coolability, as well as related containment failure modes, have significantly increased the level of understanding in this area. In a severe accident with little or no cooling of the reactor core, the residual decay heat in the fuel can cause the core materials to melt. One of the challenges in such cases is to determine the consequences of molten core materials causing a failure of the reactor pressure vessel. Molten corium will interact, for example, with structural concrete below the vessel. The reaction between corium and concrete, commonly referred to as MCCI (molten core concrete interaction), can be extensive and can release combustible gases. The cooling behaviour of ex-vessel melts through sprays or flooding is also complex. This report summarises the current state of the art on MCCI and melt coolability, and thus should be useful to specialists seeking to predict the consequences of severe accidents, to model developers for severe-accident computer codes and to designers of mitigation measures.

Protection radiologique et aspects humains de la sûreté nucléaire



Mentoring a Future Generation of Female Leaders in Science and Engineering ^{vo}

12 pages.

Gestion des déchets radioactifs



Addressing Uncertainties in Cost Estimates for Decommissioning Nuclear Facilities ^{vo}

AEN n° 7344. 64 pages.
 Disponible en ligne : <http://oe.cd/2aL>

The cost estimation process of decommissioning nuclear facilities has continued to evolve in recent years, with a general trend towards demonstrating greater levels of detail in the estimate and more explicit consideration of uncertainties, the latter of which may have an impact on decommissioning project costs. The 2012 report on the *International Structure for Decommissioning Costing (ISDC) of Nuclear Installations*, a joint recommendation by the Nuclear Energy Agency (NEA), the International Atomic Energy Agency (IAEA) and the European Commission, proposes a standardised structure of cost items for decommissioning projects that can be used either directly for the production of cost estimates or for mapping of cost items for benchmarking purposes. The ISDC, however, provides only limited guidance on the treatment of uncertainty when preparing cost estimates. *Addressing Uncertainties in Cost Estimates for Decommissioning Nuclear Facilities*, prepared jointly by the NEA and IAEA, is intended to complement the ISDC, assisting cost estimators and reviewers in systematically addressing uncertainties in decommissioning cost estimates. Based on experiences gained in participating countries and projects, the report describes how uncertainty and risks can be analysed and incorporated in decommissioning cost estimates, while presenting the outcomes in a transparent manner.



Communication on the Safety Case for a Deep Geological Repository ^{vo}

AEN n° 7336. 88 pages.
 Disponible en ligne : <http://oe.cd/1NJ>

Communication has a specific role to play in the development of deep geological repositories. Building trust with the stakeholders involved in this process, particularly within the local community, is key for effective communication between the authorities and the public. There are also clear benefits to having technical experts hone their communication skills and having communication experts integrated into the development process. This report has compiled lessons from both failures and successes in communicating technical information to non-technical audiences. It addresses two key questions

in particular: what is the experience base concerning the effectiveness or non-effectiveness of different tools for communicating safety case results to a non-technical audience and how can communication based on this experience be improved and included into a safety case development effort from the beginning?



International Conference on Geological Repositories 2016 ^{vo}

Conference Synthesis
 AEN n° 7345. 40 pages.
 Disponible en ligne : <http://oe.cd/ICGR2016>

Worldwide consensus exists within the international community that geological repositories can provide the necessary long-term safety and security to isolate long-lived radioactive waste from the human environment over long timescales. Such repositories are also feasible to construct using current technologies. However, proving the technical merits and safety of repositories, while satisfying societal and political requirements, has been a challenge in many countries.

Building upon the success of previous conferences held in Denver (1999), Stockholm (2003), Berne (2007) and Toronto (2012), the ICGR 2016 brought together high-level decision makers from regulatory and local government bodies, waste management organisations and public stakeholder communities to review current perspectives of geological repository development. This publication provides a synthesis of the 2016 conference on continued engagement and safe implementation of repositories, which was designed to promote information and experience sharing, particularly in the development of policies and regulatory frameworks. Repository safety, and the planning and implementation of repository programmes with societal involvement, as well as ongoing work within different international organisations, were also addressed at the conference.



National Inventories and Management Strategies for Spent Nuclear Fuel and Radioactive Waste ^{vo}

Extended Methodology for the Common Presentation of Data
 AEN n° 7371. 70 pages.

Disponible en ligne : <http://oe.cd/2aM>

Radioactive waste inventory data are an important element in the development of a national radioactive waste management programme since these data affect the design and selection of the ultimate disposal methods. Inventory data are generally presented as an amount

of radioactive waste under various waste classes, according to the waste classification scheme developed and adopted by the country or national programme in question. Various waste classification schemes have evolved in most countries, and these schemes classify radioactive waste according to its origin, to criteria related to the protection of workers or to the physical, chemical and radiological properties of the waste and the planned disposal method(s).

The diversity in classification schemes across countries has restricted the possibility of comparing waste inventories and led to difficulties in interpreting waste management practices, both nationally and internationally. To help improve this situation, the Nuclear Energy Agency developed a methodology that ensures consistency of national radioactive waste and spent fuel inventory data when presenting them in a common scheme in direct connection with accepted management strategy and disposal routes. This report is a follow-up to the 2016 report that introduced the methodology and presenting scheme for spent fuel, and it now extends this methodology and presenting scheme to all types of radioactive waste and corresponding management strategies.



Radiological Characterisation from a Waste and Materials End-State Perspective

Practices and Experience

AEN n° 7373. 96 pages.

Disponible en ligne : <http://oe.cd/2aN>

Radiological characterisation is a key enabling activity for the planning and implementation of nuclear facility decommissioning. Effective characterisation allows the extent, location and nature of contamination to be determined and provides crucial information for facility dismantling, the management of material and waste arisings, the protection of workers, the public and the environment, and associated cost estimations.

This report will be useful for characterisation practitioners who carry out tactical planning, preparation, optimisation and implementation of characterisation to support the decommissioning of nuclear facilities and the management of associated materials and waste. It compiles recent experience from NEA member countries in radiological characterisation, including from international experts, international case studies, an international conference, and international standards and guidance. Using this comprehensive evidence base, the report identifies relevant good practice and provides practical advice covering all stages of the characterisation process.



Recycling and Reuse of Materials Arising from the Decommissioning of Nuclear Facilities

AEN n° 7310. 68 pages.

Disponible en ligne : <http://oe.cd/2aO>

Large quantities of materials arising from the decommissioning of nuclear facilities are non-radioactive per se. An additional, significant share of materials is of very low-level or low-level radioactivity and can, after having undergone treatment and a clearance process, be recycled and reused in a restricted or unrestricted way. Recycle and reuse options today provide valuable solutions to minimise radioactive waste from decommissioning and at the same time maximise the recovery of valuable materials. The NEA Co-operative Programme on Decommissioning (CPD) prepared this overview on the various approaches being undertaken by international and national organisations for the management of slightly contaminated material resulting from activities in the nuclear sector. The report draws on CPD member organisations' experiences and practices related to recycling and reuse, which were gathered through an international survey. It provides information on improvements and changes in technologies, methodologies and regulations since the 1996 report on this subject, with the conclusions and recommendations taking into account 20 years of additional experience that will be useful for current and future practitioners. Case studies are provided to illustrate significant points of interest, for example in relation to scrap metals, concrete and soil.



Sourcebook of International Activities Related to the Development of Safety Cases for Deep Geological Repositories

AEN n° 7341. 64 pages.

Disponible en ligne : <http://oe.cd/2aP>

All national radioactive waste management authorities recognise today that a robust safety case is essential in developing disposal facilities for radioactive waste. To improve the robustness of the safety case for the development of a deep geological repository, a wide variety of activities have been carried out by national programmes and international organisations over the past years. The Nuclear Energy Agency, since first introducing the modern concept of the "safety case", has continued to monitor major developments in safety case activities at the international level. This Sourcebook summarises the activities being undertaken by the Nuclear Energy

Agency, the European Commission and the International Atomic Energy Agency concerning the safety case for the operational and post-closure phases of geological repositories for radioactive waste that ranges from low-level to high-level waste and for spent fuel. In doing so, it highlights important differences in focus among the three organisations.

Sciences nucléaires et Banque de données



International Handbook of Evaluated Reactor Physics Benchmark Experiments

AEN n° 7329. DVD.

The International Reactor Physics Experiment Evaluation (IRPhE) Project was initiated as a pilot in 1999 by the Nuclear Energy Agency (NEA) Nuclear Science Committee (NSC). The project was endorsed as an official activity of the NSC in June 2003. While the NEA co-ordinates and administers the IRPhE Project at the international level, each participating country is responsible for the administration, technical direction and priorities of the project within its respective country. The information and data included in this handbook are available to NEA member countries, contributors and to others on a case-by-case basis.

This handbook contains reactor physics benchmark specifications that have been derived from experiments performed at nuclear facilities around the world. The benchmark specifications are intended for use by reactor designers, safety analysts and nuclear data evaluators to validate calculation techniques and data. Example calculations are presented; these do not constitute a validation or endorsement of the codes or cross-section data.

This edition of the *International Handbook of Evaluated Reactor Physics Benchmark Experiments* contains data from 151 experimental series that were performed at 50 reactor facilities. To be published as approved benchmarks, the experiments must be evaluated against agreed technical criteria and reviewed by the IRPhE Technical Review Group. A total of 146 of the 151 evaluations are published as approved benchmarks. The remaining five evaluations are published as draft documents only.

The front cover of the handbook shows the MINERVE reactor in Cadarache, France. Evaluation was completed of the CERES Phase II validation of fission product poisoning through reactivity worth measurements, which includes 13 fission products.



SFCOMPO 2.0: International Database of Spent Nuclear Fuel Isotopic Assay Data (VO)

AEN n° 7391. DVD.

SFCOMPO 2.0 is the NEA database of experimental assay measurements. Measurements are isotopic concentrations from destructive radiochemical analyses of spent nuclear fuel (SNF) samples, supplemented with design information for the fuel rod and fuel assembly from which each sample was taken, as well as with relevant information on operating conditions and design characteristics of the host reactors. SFCOMPO 2.0 contains data from 750 SNF samples coming from 44 reactors representing 8 different international reactor designs. SFCOMPO 2.0 was released online in June 2017.

SFCOMPO 2.0 has been developed by the NEA in close collaboration with Oak Ridge National Laboratory (ORNL). The data in SFCOMPO 2.0 has undergone an independent and iterative review process by the Expert Group on Assay Data of Spent Nuclear Fuel (EGADSNF), under the NEA Working Party on Nuclear Criticality Safety (WPNCS). The data have been reviewed for consistency with the experimental reports but have not been formally evaluated. Assay data evaluations are a multidisciplinary effort involving reactor specialists, modelling and simulation experts, and radiochemistry experts. Any errors in measurements, omissions or inconsistencies in the original reported data may be reproduced in the database. Therefore, it is important that any user of the data for code validation consider and assess the potential data deficiencies. The evaluation of assay data will provide a more complete assessment and may result in the development of benchmark specifications and measurement data in cases of high quality experiments.

SFCOMPO 2.0 contains only openly accessible, published experimental assay data. An online Java application of SFCOMPO 2.0 is available at: www.oecd-nea.org/sfcompo.

Droit nucléaire



Nuclear Law Bulletin, Volume No. 98

AEN n° 7313. 104 pages.
Version française à paraître.
Disponible en ligne : www.oecd-nea.org/law/nlb

The *Nuclear Law Bulletin* is a unique international publication for both professionals and academics in the field of nuclear law. It provides readers with authoritative and comprehensive information on nuclear law developments. Published free online twice a year in both English and French, it features topical articles written by renowned legal experts, covers legislative developments worldwide and reports on relevant case law, bilateral and international agreements as well as regulatory activities of international organisations.

Feature articles in this issue include “Strengthening the international legal framework for nuclear security: Better sooner rather than later”; “Brexit, Euratom and nuclear proliferation”; and “McMunn et al. v Babcock and Wilcox Power Generation Group, Inc., et al.: The long road to dismissal”.



Nuclear Law Bulletin, Volume No. 99

AEN n° 7366. 120 pages.
Version française à paraître.
Disponible en ligne : <http://oe.cd/2aQ>

Feature articles in this issue include: “Reformed and reforming: Adapting the licensing process to meet new challenges”; “Reflections on the development of international nuclear law”; and “Facing the challenge of nuclear mass tort processing”.

Publications des forums coordonnés par le Secrétariat



Generation IV International Forum (GIF) Annual Report 2016 (VO)

Rapport GIF. 162 pages.

This tenth edition of the *Generation IV International Forum (GIF) Annual Report* highlights the main achievements of the Forum in 2016 under the new Chair of the GIF Policy Group. The Framework Agreement, formally extended for ten years in February 2015, was signed by the remaining countries in 2016. The GIF is set to continue actively engaging in R&D on Generation IV systems with the extension of the four System Arrangements (sodium-cooled fast reactor, gas-cooled fast reactor, supercritical water-cooled reactor and very high temperature reactor) until 2026. Australia became the 14th country to join the GIF after signing the Charter in June 2016 and initiating the process to accede to the Framework Agreement. This annual report also provides a detailed description of progress made in the eleven existing project arrangements and under the Memorandum of Understanding governing R&D exchanges on molten salt reactors and lead-cooled fast reactors. In addition, it outlines the 2016 activities of the methodology working groups and the two dedicated task forces, one on the development of safety-design criteria and the other on education and training.



Multinational Design Evaluation Programme (MDEP) Annual Report: April 2016-April 2017 (VO)

Rapport MDEP. 58 pages.

ORGANISATION DE COOPÉRATION ET DE DÉVELOPPEMENT ÉCONOMIQUES

L'OCDE est un forum unique en son genre où les gouvernements de 35 démocraties œuvrent ensemble pour relever les défis économiques, sociaux et environnementaux que pose la mondialisation. L'OCDE est aussi à l'avant-garde des efforts entrepris pour comprendre les évolutions du monde actuel et les préoccupations qu'elles font naître. Elle aide les gouvernements à faire face à des situations nouvelles en examinant des thèmes tels que le gouvernement d'entreprise, l'économie de l'information et les défis posés par le vieillissement de la population. L'Organisation offre aux gouvernements un cadre leur permettant de comparer leurs expériences en matière de politiques, de chercher des réponses à des problèmes communs, d'identifier les bonnes pratiques et de travailler à la coordination des politiques nationales et internationales.

Les pays membres de l'OCDE sont : l'Allemagne, l'Australie, l'Autriche, la Belgique, le Canada, le Chili, la Corée, le Danemark, l'Espagne, l'Estonie, les États-Unis, la Finlande, la France, la Grèce, la Hongrie, l'Irlande, l'Islande, l'Israël, l'Italie, le Japon, la Lettonie, le Luxembourg, le Mexique, la Norvège, la Nouvelle-Zélande, les Pays-Bas, la Pologne, le Portugal, la République slovaque, la République tchèque, le Royaume-Uni, la Slovénie, la Suède, la Suisse et la Turquie. La Commission européenne participe aux travaux de l'OCDE.

Les Éditions OCDE assurent une large diffusion aux travaux de l'Organisation. Ces derniers comprennent les résultats de l'activité de collecte de statistiques, les travaux de recherche menés sur des questions économiques, sociales et environnementales, ainsi que les conventions, les principes directeurs et les modèles développés par les pays membres.

L'AGENCE POUR L'ÉNERGIE NUCLÉAIRE

L'Agence de l'OCDE pour l'énergie nucléaire (AEN) a été créée le 1^{er} février 1958. Elle réunit actuellement 33 pays : l'Argentine, l'Allemagne, l'Australie, l'Autriche, la Belgique, le Canada, la Corée, le Danemark, l'Espagne, les États-Unis, la Fédération de Russie, 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, la Pologne, le Portugal, la République slovaque, la République tchèque, la Roumanie, le Royaume-Uni, la Slovénie, la Suède, la Suisse et la Turquie. La Commission européenne et l'Agence internationale de l'énergie atomique participent également à ses travaux

La mission de l'AEN 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 ;
- de fournir des évaluations faisant autorité et de dégager des convergences de vues sur des questions importantes qui serviront aux gouvernements à définir leur politique nucléaire, et contribueront aux analyses plus générales de l'OCDE concernant des aspects tels que l'énergie et le développement durable des économies bas carbone.

Les domaines de compétence de l'AEN comprennent la sûreté nucléaire et le régime des autorisations, la gestion des déchets radioactifs, la radioprotection, les sciences nucléaires, les aspects économiques et technologiques du cycle du combustible, le droit et la responsabilité nucléaires et l'information du public. La Banque de données de l'AEN procure aux pays participants des services scientifiques concernant les données nucléaires et les programmes de calcul.

Publié en anglais sous le titre :

2017 NEA ANNUAL REPORT

Ce document, ainsi que les données et cartes qu'il peut comprendre, sont sans préjudice du statut de tout territoire, de la souveraineté s'exerçant sur ce dernier, du tracé des frontières et limites internationales, et du nom de tout territoire, ville ou région.

Les corrigenda des publications de l'OCDE sont disponibles sur : www.oecd.org/editions/corrigenda.

© OCDE 2018

Vous êtes autorisés à copier, télécharger ou imprimer du contenu OCDE pour votre utilisation personnelle. Vous pouvez inclure des extraits des publications, des bases de données et produits multimédia de l'OCDE dans vos documents, présentations, blogs, sites Internet et matériel d'enseignement, sous réserve de faire mention de la source OCDE et du copyright. Les demandes pour usage public ou commercial ou de traduction devront être adressées à neapub@oecd-nea.org. Les demandes d'autorisation de photocopier une partie de ce contenu à des fins publiques ou commerciales peuvent être obtenues auprès du Copyright Clearance Center (CCC) info@copyright.com ou du Centre français d'exploitation du droit de copie (CFC) contact@cfcopies.com.

Crédit photos couverture : Centre de recherche « Nanocenter », formation à la méthode de dépôt par laser pulsé. (MEPHI, Russie) et Atelier universitaire (Shutterstock, Matej Kastelic).

Publications et informations de l'AEN

Le **catalogue complet des publications** est disponible en ligne à www.oecd-nea.org/pub.

Outre une présentation de l'Agence et de son programme de travail, le **site Internet de l'AEN** propose des centaines de rapports téléchargeables gratuitement sur des questions techniques ou de politique.

Il est possible de s'abonner gratuitement (www.oecd-nea.org/bulletin) à un **bulletin électronique mensuel** présentant les derniers résultats, événements et publications de l'AEN.

Consultez notre page Facebook sur www.facebook.com/OECDNuclearEnergyAgency ou suivez-nous sur **Twitter** @OECD_NEA.

Les pays membres de l'AEN

(au 1^{er} janvier 2018)



Allemagne



Argentine



Australie



Autriche



Belgique



Canada



Corée



Danemark



Espagne



États-Unis



Finlande



France



Grèce



Hongrie



Irlande



Islande



Italie



Japon



Luxembourg



Mexique



Norvège



Pays-Bas



Pologne



Portugal



République slovaque



République tchèque



Roumanie



Royaume-Uni



Russie



Slovénie



Suède



Suisse



Turquie

Agence pour l'Énergie Nucléaire (AEN)

46, quai Alphonse Le Gallo

92100 Boulogne-Billancourt, France

Tél. : +33 (0)1 45 24 10 15

nea@oecd-nea.org www.oecd-nea.org

AEN n° 7405