

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

La rédaction, AEN Infos
Agence de l'OCDE pour l'énergie nucléaire
12, boulevard des Îles
92130 Issy-les-Moulineaux
France
Tél. : +33 (0)1 45 24 10 12
Fax : +33 (0)1 45 24 11 10

L'Agence de l'OCDE pour l'énergie nucléaire (AEN) est une organisation intergouvernementale qui a été fondée en 1958. Son principal objectif est d'aider ses pays membres à maintenir et à approfondir, par l'intermédiaire de la coopération internationale, les bases scientifiques, technologiques et juridiques indispensables à une utilisation sûre, respectueuse de l'environnement et économique de l'énergie nucléaire à des fins pacifiques. Elle est une source d'informations, de données et d'analyses non partisane et constitue l'un des meilleurs réseaux d'experts techniques internationaux. Elle comprend actuellement 28 pays membres : l'Allemagne, l'Australie, l'Autriche, la Belgique, le Canada, la Corée, le Danemark, l'Espagne, les États-Unis, la Finlande, la France, la Grèce, la Hongrie, l'Irlande, l'Islande, l'Italie, le Japon, le Luxembourg, le Mexique, la Norvège, les Pays-Bas, le Portugal, la République slovaque, la République tchèque, le Royaume-Uni, la Suède, la Suisse et la Turquie.

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

Comité de rédaction :
Janice Dunn Lee
Cynthia Gannon-Picot
Serge Gas

Production et marketing :
Cynthia Gannon-Picot
Andrée Pham Van
Solange Quarneau

Graphisme et mise en page :
Fabienne Vuillaume

Crédits photos de la page de couverture : Tobernite (CEA, France), centrifuges dans une usine d'enrichissement d'uranium (URENCO), Shika 1 (Compagnie d'électricité Hokuriku, Japon), lignes électriques (F. Vuillaume, OCDE/AEN). Crédit de la photo de Luis Echávarri en page 3 (M. Lemelle, France).

Table des matières

Faits et opinions

- L'énergie nucléaire est-elle vraiment compétitive ? 4
- Les derniers chiffres actualisés sur l'uranium 9
- L'usage des appareils de détection à rayons X dans les aéroports 12

Actualités

- Aspects stratégiques de la gestion des urgences nucléaires et radiologiques 15
- Installations expérimentales pour la recherche en sûreté des réacteurs avancés 18

Nouvelles brèves

- 10^e session de l'École internationale de droit nucléaire 22
- L'énergie nucléaire dans les pays membres de l'AEN 23

- Nouvelles publications 24



L'énergie nucléaire consolide ses positions



Aujourd'hui comme demain, les sources d'énergie se doivent d'être sûres, propres et à un prix abordable. Force est de constater que sur tous ces points, l'énergie nucléaire continue de renforcer ses positions et, de plus en plus, on l'envisage et on l'accepte comme partie intégrante des bouquets énergétiques nationaux. En témoigne la participation large et à haut niveau à la conférence internationale sur l'accès au nucléaire civil qui s'est tenue au Centre de conférences de l'OCDE en mars dernier. Plus récemment, le nucléaire a fait l'objet d'une reconnaissance formelle en tant que technologie à faible intensité carbone, permettant la réduction des émissions de gaz à effet de serre et garantissant la sécurité des approvisionnements énergétiques à des coûts raisonnables, à travers le prix EURELECTRIC que j'ai eu l'honneur de recevoir cette année. De fait, la *Feuille de route des technologies énergétiques : énergie nucléaire (Nuclear Energy Technology Roadmap)*, une publication conjointe de l'Agence internationale de l'énergie (AIE) et de l'Agence de l'OCDE pour l'énergie nucléaire (AEN), estime que près d'un quart de l'électricité mondiale pourrait être d'origine nucléaire d'ici 2050, contribuant de manière majeure à la réduction des émissions de gaz à effet de serre.

Dans une autre publication commune récente, l'AEN et l'AIE ont présenté les dernières données sur une grande variété de combustibles fossiles et de technologies, y compris le charbon et le gaz (avec et sans capture de carbone), l'énergie nucléaire, les ressources hydrauliques, les parcs éoliens terrestres et en mer, la biomasse, le soleil, l'énergie des vagues et des marées, ainsi que la cogénération. Cette étude fournit les coûts moyens actualisés de presque 200 centrales établies dans 21 pays et des analyses de sensibilité approfondies sur les incidences des variations des paramètres-clés, comme le taux d'actualisation, le prix des combustibles fossiles et la tarification du carbone. L'article figurant à la page 4 résume les principales conclusions du rapport et certains thèmes liés à la compétitivité de l'énergie nucléaire.

L'énergie nucléaire est aussi particulièrement bien placée pour assurer la sécurité des approvisionnements en énergie. À l'heure actuelle, les ressources identifiées en uranium suffisent déjà à répondre aux besoins pour plus de 100 ans (selon les taux de consommation de 2008) ; elles sont disponibles dans des zones géographiques variées et politiquement stables à travers le monde. Parmi les plus récentes données sur les ressources en uranium, y compris la production et la demande, certaines ont été reprises dans l'article de la page 9. Il faut également remarquer que, grâce à une réglementation particulièrement stricte et à un contrôle étroit de la mise en œuvre de ces règles de sûreté, les performances en matière de sûreté nucléaire continuent de s'améliorer, étayées par 13 000 années d'expérience en matière d'exploitation de réacteurs au niveau mondial. Ainsi que l'article page 18 le montre, la sûreté demeure une priorité pour le secteur nucléaire et de nouveaux efforts de recherche sont poursuivis. Le lecteur pourra également trouver dans le présent numéro un certain nombre de sujets d'intérêt sur lesquels se penche l'AEN.

En terminant, je voudrais féliciter tous ceux et celles qui ont contribué à l'établissement et au développement de l'École internationale de droit nucléaire que l'Agence a fondée avec l'Université Montpellier 1 (France) et qui fête cette année son dixième anniversaire. On trouvera à la page 22 une brève description du programme. Cette initiative, parmi d'autres, contribue à faire en sorte que l'énergie nucléaire soit une technologie sûre, bon marché et respectueuse de l'environnement.

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

Luis E. Echávarri
Directeur général de l'AEN

L'énergie nucléaire est-elle vraiment compétitive ?

par J.H. Keppler*

La compétitivité économique de l'énergie nucléaire sera capitale pour déterminer sa part future dans la production mondiale d'électricité, sans compter que la vaste libéralisation des marchés de l'énergie, tout particulièrement dans les pays de l'OCDE, tend à renforcer le rôle des critères de nature commerciale dans le choix des technologies.

La toute nouvelle édition 2010 des *Coûts prévisionnels de production de l'électricité* publiée conjointement par l'Agence internationale de l'énergie (AIE) et l'Agence pour l'énergie nucléaire (AEN) évoque d'importants aspects concernant la compétitivité relative de l'énergie nucléaire dans les pays de l'OCDE et dans quatre autres pays qui n'en font pas partie (Afrique du Sud, Brésil, Chine et Russie). Selon la « Synthèse » qui précède l'édition :

Premièrement, dans le cas d'un faible taux d'actualisation [5 %], les technologies nécessitant beaucoup de capital et à faible intensité carbone, telles que l'énergie nucléaire, constituent la solution la plus compétitive pour la production en base, en comparaison des centrales à charbon sans captage du carbone et des centrales à cycle combiné alimentées au gaz naturel. [...] Deuxièmement, dans le cas du taux d'actualisation élevé [10 %], les centrales au charbon sans captage du carbone, suivies de centrales au charbon avec captage et des centrales à cycle combiné à gaz [...], constituent les sources d'électricité les moins chères. [...] Ces résultats soulignent l'importance capitale des taux d'actualisation et, dans une moindre mesure, des prix du carbone et des sources d'énergie, dans la comparaison entre les différentes technologies.

Dépassant le cadre de cette constatation, l'étude montre aussi que la compétitivité relative de l'énergie nucléaire varie énormément d'une zone géographique à l'autre, voire entre pays. En ventilant les données par zone, par exemple, on constate que l'énergie nucléaire demeure l'option la plus concurrentielle pour produire l'électricité de base, y compris au taux d'actualisation (intérêts) de 10 % dans les pays asiatiques et nord-américains de l'OCDE (voir graphiques page suivante). La déclaration citée plus haut reflète ainsi la moyenne générale des centrales nucléaires échantillonnées dans l'étude, mais pas nécessairement chaque conjoncture nationale ou régionale. En fait, la mine de renseignements fournie par les pays européens, où l'énergie nucléaire atteint des prix comparativement plus élevés, a eu pour effet de les biaiser.

Bien que l'étude présente un cliché instantané des coûts de production de l'électricité par différentes technologies, elle ne démontre pas pour autant la compétitivité absolue de l'énergie nucléaire. Comme toute autre étude, les *Coûts prévisionnels de production de l'électricité* se fondent sur un certain nombre d'hypothèses communes concernant le taux d'actualisation ou le prix du carbone et des combustibles fossiles. De même, les calculs reposent sur une méthodologie, dite « du prix moyen de l'électricité », selon laquelle tous les risques sont compris dans le taux d'intérêt ou d'actualisation qui, lui-même, détermine le coût du capital. En d'autres termes, ni les risques concernant le prix de l'électricité produite par l'énergie nucléaire et les autres énergies renouvelables, ni ceux concernant les combustibles fossiles, tels le charbon et le gaz, ne font l'objet de considérations particulières. Les décisions des investisseurs privés, cependant, dépendront dans une large mesure de l'évaluation individuelle de ces risques.

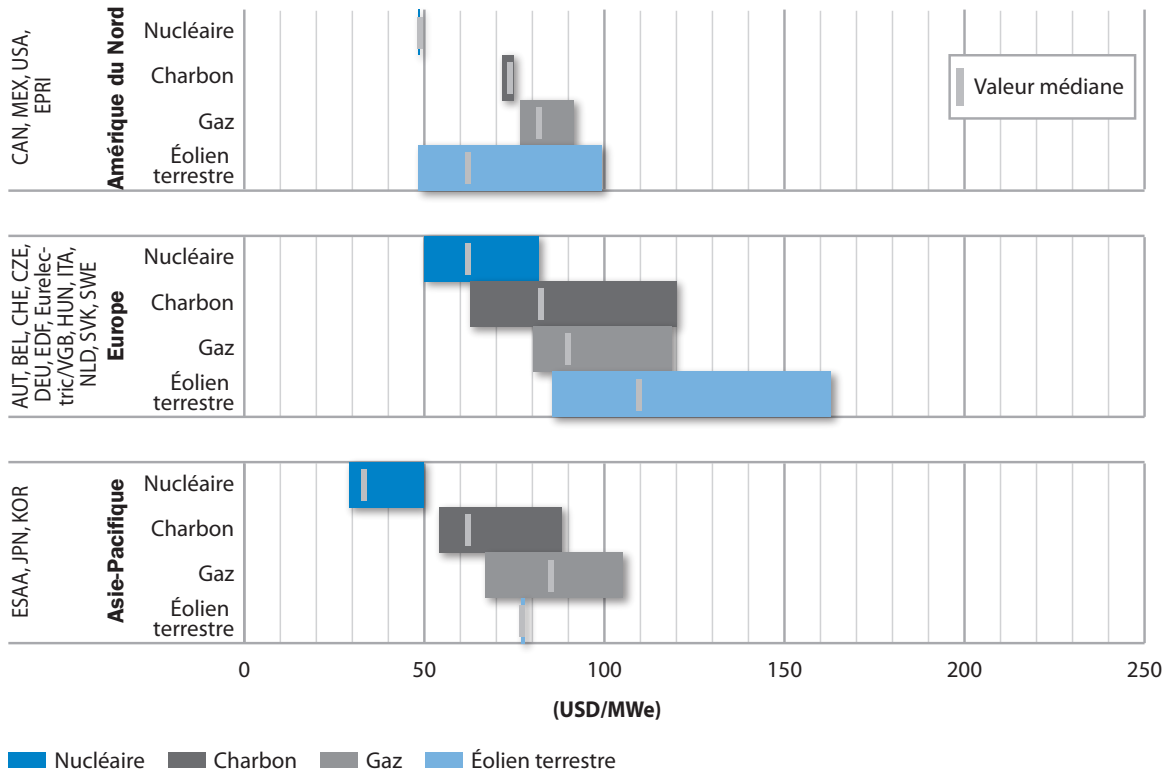
La compétitivité de l'énergie nucléaire dépend de trois facteurs différents qui peuvent varier considérablement d'un marché à l'autre en fonction des taux d'intérêt ou des prix du charbon et des combustibles fossiles, ainsi que de la volatilité des prix de l'électricité. Tous ces facteurs sont abordés successivement dans les paragraphes qui suivent.

Taux d'intérêt et coût du capital

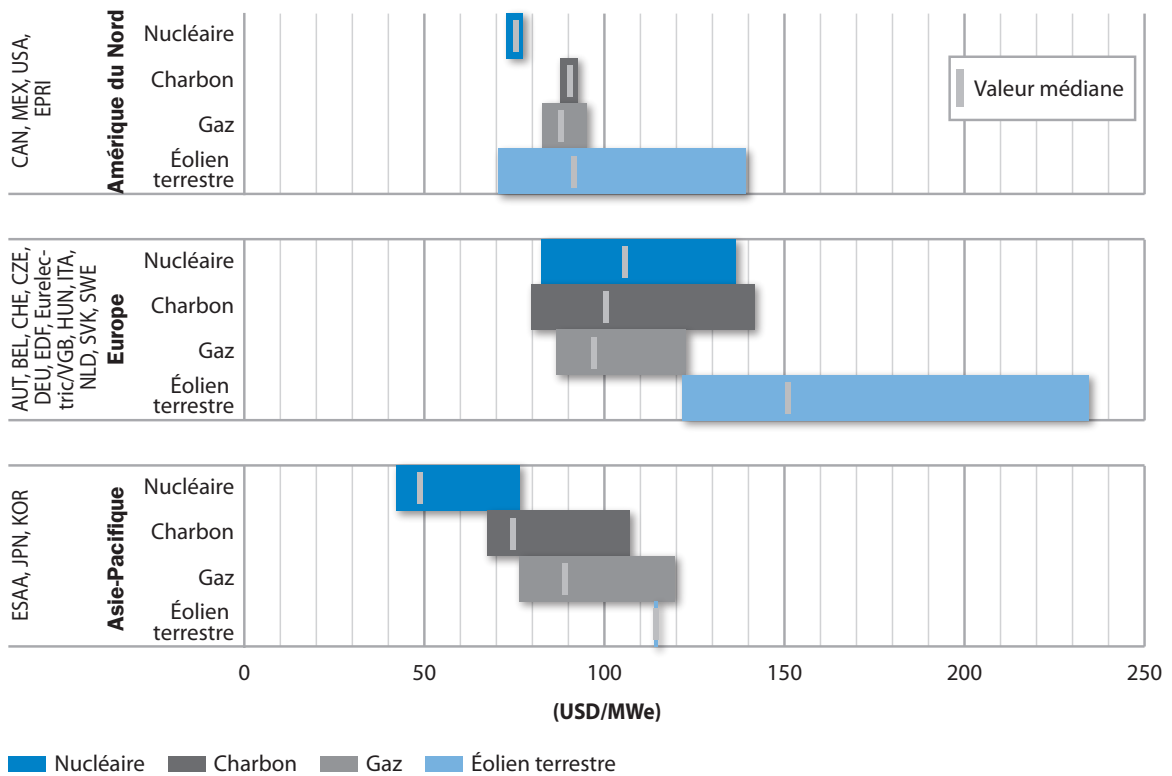
Le risque générique – mais non celui qui est spécifique à la technologie – de faire des affaires dans un pays donné se reflète dans le taux d'actualisation ou d'intérêt et conditionne le coût du capital. Cela affecte les technologies nécessitant beaucoup de capital, comme l'énergie nucléaire et les énergies renouvelables par rapport à des technologies nécessitant moins de capital, comme les centrales à gaz. À des taux d'intérêt de 5 à 10 %, les coûts d'investissement fixes varient entre 11 et 17 % des coûts sur la durée de vie des centrales à gaz, de 26 à 40 % pour les centrales à charbon, de 59 à 76 % pour les centrales nucléaires et de 78 à 85 % pour les parcs éoliens (AIE/AEN, 2010). L'éventail est plus étendu pour les centrales nucléaires et à charbon, parce qu'il faut plus de temps pour les construire, ce qui signifie que, à des taux d'intérêt plus élevés, le coût du crédit pèse plus lourd pendant la construction que pour les autres technologies.

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

Fourchettes régionales des coûts moyens actualisés de l'électricité pour les centrales nucléaires, à charbon, à gaz et les parcs éoliens terrestres (à un taux d'actualisation de 5 %)



Fourchettes régionales des coûts moyens actualisés de l'électricité pour les centrales nucléaires, à charbon, à gaz et les parcs éoliens terrestres (à un taux d'actualisation de 10 %)



La réduction de la durée ou des délais de construction représente donc un facteur important pour évaluer la compétitivité de l'énergie nucléaire. Abaisser les délais de sept à quatre ans d'une centrale normale, par exemple, ferait diminuer l'ensemble des coûts de capital de 13 et de 7% à raison d'un taux d'intérêt annuel respectif de 10 et 5 %¹.

On pose souvent la question de savoir si un taux d'intérêt aussi bas que 5 % n'est pas irréaliste dans le cas d'une société privée, compte tenu du fait que le taux d'intérêt correspond aux profits attendus par les investisseurs qui mettent leurs capitaux à disposition. Cet élément est effectivement, de toute première importance, car si 5 % est un taux réaliste, l'énergie nucléaire devient aisément la source la plus concurrentielle pour produire de la charge de base sans interruption. Par ailleurs, plus les taux réels se rapprochent de 10 %, plus il est difficile de formuler le même jugement.

La première réponse à pareille question serait que les calculs utilisés ici ainsi que dans l'étude se fondent sur des taux d'intérêts réels qui sont nets d'inflation. Toutefois, lorsqu'une banque précise un taux donné ou qu'un investisseur impose un taux de rendement minimal pour son remboursement de capital, elle annonce des taux nominaux donnés en fait. Cela veut dire qu'un taux d'intérêt réel de 5 % doit être comparé à un taux d'intérêt nominal de 7 %, qui comprend 2 % d'inflation, soit une pratique répandue qui est loin d'être irréaliste. En ce qui concerne le coût d'un prêt commercial, un taux d'intérêt de 7 % ne saurait être considéré en aucun cas comme faible. En décembre 2009, le rendement nominal moyen (taux d'intérêt) des investissements américains de première qualité dans les obligations de société (cotés BBB ou plus haut) était de 4,6 %. Le rendement nominal moyen des obligations à rendement élevé (« à haut risque ») était de 9,8 %. Le rendement des obligations de sociétés américaines, en tenant compte de l'inflation à la fin de 2009, variait entre 2 % pour les obligations de première qualité et 7,8 % pour les obligations à rendement élevé. Étant donné que très peu de compagnies d'énergie font partie de la catégorie « à haut risque », un taux d'intérêt réel de 5 % semble très réaliste, voire une hypothèse généreuse pour le prix du capital financé par l'emprunt.

Le véritable problème est légèrement différent. Dans un marché de l'électricité libéralisé, aucune société ne saurait financer tous ses investissements, même avec l'aide de prêteurs en capitaux relativement frileux face aux risques². Dans ce cas, il faudrait qu'une part importante de l'investissement soit étayée par des investisseurs en actions qui auraient des parts directes dans le projet et qui seraient prêts à faire face à des risques plus grands, comme ceux qui sont liés aux marchés et aux prix. Des risques supérieurs signifient, cependant, des remboursements moyens qui sont aussi plus importants, et donc, que les investisseurs en actions peuvent exiger des taux nominaux oscillant entre 10 et 15 % selon la nature du projet. Les coûts des capitaux empruntés

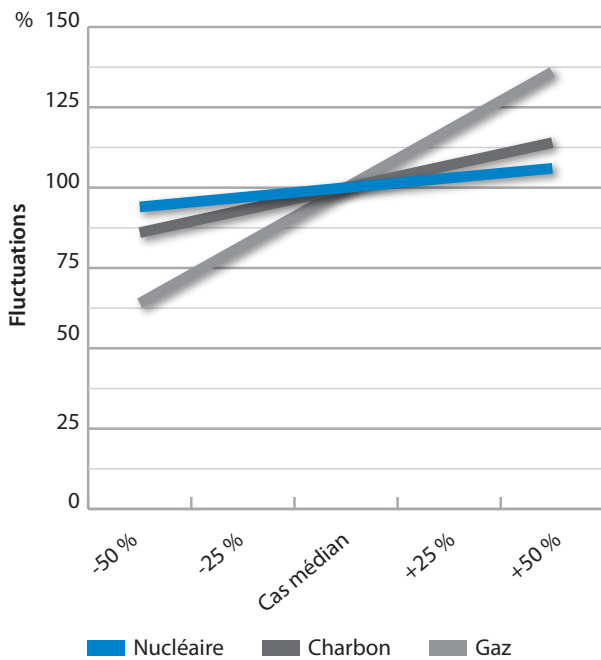
et des capitaux levés en actions, une fois pondérés en fonction de leur part respective dans le financement, forment tous deux ce qu'il est convenu d'appeler le « coût moyen pondéré du capital » (CMPC). Si, par exemple, le coût des capitaux empruntés était fixé à un taux nominal de 5 %, que le taux nominal du coût des capitaux propres était de 15 % et que les parts respectives étaient strictement égales, le CMPC nominal et le coût réel du capital net d'inflation atteindraient alors respectivement 10 et 8 %. D'après une analyse de l'AIE sur le coût total de financement des compagnies d'électricité américaines, le CMPC était de 10,5 % pendant le quatrième trimestre de 2008 (AIE, 2009), soit un taux réel 8,5 %. Compte tenu du fait que la crise financière a culminé à la fin de 2008, on peut sans doute supposer que ces chiffres sont plutôt exceptionnellement hauts. Nous pouvons donc conclure que le coût total réel du capital pour les sociétés d'électricité est probablement de l'ordre de 7 à 9 % réels ou de 9 à 11 % nominaux. Combiner deux taux réels de 5 et 10 % assure donc un spectre très réaliste.

Prix du carbone et des combustibles fossiles

Le second facteur décisif qui détermine la compétitivité de l'énergie nucléaire est le prix du carbone ou des émissions de CO₂. L'édition de 2010 des *Coûts prévisionnels de production de l'électricité* a estimé pour la première fois un prix de 30 USD par tonne de CO₂, qui primerait tout au long de la durée des projets de production. Cette somme est plus élevée que le prix actuel d'environ 16 EUR (21 USD) selon le Système communautaire d'échange de quotas d'émission (SCEQE). Toutefois, elle est de beaucoup inférieure à ce que la plupart des modélisateurs indiquent comme le prix explicite ou implicite qui devrait dominer afin de stabiliser les émissions partout dans le monde à un niveau qui limiterait l'augmentation des températures moyennes mondiales à 2°C avant 2050³. Bien que les calculs estimatifs des prix nécessaires pour atteindre une telle stabilisation varient considérablement, il ne fait aucun doute qu'ils devront dépasser largement 100 USD par tonne de CO₂, voire probablement plus de 200 USD. On s'attend donc de façon réaliste que les prix du carbone montent, et peut-être même en flèche, au cours des prochaines décennies.

L'avantage concurrentiel de l'énergie nucléaire dans un tel contexte est clairement de produire la charge de base qui n'émette presque pas de carbone, qui soit à des coûts variables, mais tout de même stables, et qui échappe à toute fluctuation liée au régime climatique mondial. Le combustible que l'énergie nucléaire concurrence le plus directement est le charbon qui émet 0,8 t de CO₂ par mégawatt-heure dans le cas d'une centrale ordinaire au charbon (AIE/AEN, 2010). Le simple fait de doubler le prix du charbon augmenterait son coût total de 30 à 37 %, tandis que pour une centrale à cycle combiné à gaz rejetant 0,35 t de CO₂ par mégawatt-heure, les coûts varieraient entre 11 et 12 %. De toute évidence,

Fourchettes du prix moyen de l'électricité selon les différentes technologies en réponse aux fluctuations du prix du combustible



Source : Données de l'AIE/AEN (2010).

les prix du carbone constituent donc un facteur décisif pour déterminer la compétitivité de l'énergie nucléaire. Il ne faut donc pas être étonné si les investisseurs potentiels dans de nouvelles centrales électronucléaires au Royaume-Uni, par exemple, font des pressions sur le gouvernement britannique pour qu'il impose une taxe carbone d'environ 30 EUR (40 USD) par tonne de CO₂ (Johnson, 2010), ce qui ne ferait que renforcer naturellement la compétitivité de l'énergie nucléaire.

Selon l'étude de l'AIE/AEN, le même raisonnement s'applique aux prix des combustibles fossiles. Même en doublant le prix de l'uranium, le coût total de l'électricité produite par une centrale nucléaire n'augmenterait que de 10 %. En revanche, doubler le prix des combustibles fossiles augmenterait de 70 % ou de 61 USD par mégawattheure ! Dans le cas du charbon, le coût total grimperait d'environ 25 % ou de 18 USD. La stabilité des coûts variables constitue donc un avantage concurrentiel spécifique de l'énergie nucléaire. En toute franchise, cependant, il ne faut pas écarter la faible possibilité que les prix du gaz baissent au cours des prochaines années à cause de surinvestissements imputables à l'espoir incessant de voir escalader les prix du gaz. Les choix énergétiques se décident cependant à long terme. Aujourd'hui, la décision de construire une centrale nucléaire peut engager une société pour un siècle, si l'on tient compte de la construction, du déclassement et du démantèlement. Il existe donc

une véritable probabilité que les prix du gaz et du charbon augmentent au cours de cette période. Pour une grande compagnie d'électricité qui dirige des affaires à long terme, il est donc presque indispensable de disposer d'un portefeuille qui comprenne des intérêts importants dans le nucléaire, afin de se prémunir contre toute augmentation éventuelle des prix du charbon, du gaz et du carbone au cours des 10, 30 ou même 50 prochaines années.

Volatilité des prix de l'électricité et types de marché

Le troisième aspect principal qui joue sur la compétitivité de l'énergie nucléaire est le plus technique, dans la mesure où il renvoie au risque des différentes technologies d'être exposées à la volatilité des prix de l'électricité. Son incidence varie donc énormément avec le format de l'organisation du marché, et surtout en fonction du fait que les prix sont libres ou réglementés.

Bien que les prix du gaz puissent être très volatils sur des marchés libéralisés, ceux qui investissent dans les centrales à gaz sont protégés, dans une certaine mesure, contre la fluctuation des cours, étant donné que le gaz servant à produire de l'électricité est le combustible le plus sujet aux variations les plus fortes et fixe donc souvent le prix de l'électricité. En d'autres mots, si les prix du gaz augmentent ou diminuent, il en ira de même des prix de l'électricité, si bien que les profits nets de l'investisseur – lesquels représentent son seul risque véritable – demeurent toujours les mêmes. Les investisseurs qui s'engageraient plutôt dans l'énergie nucléaire s'exposeraient à une plus grande volatilité des profits, précisément parce que les coûts resteraient stables, tandis que les revenus varieraient.

Ainsi, il existe donc un décalage entre les incitations publiques et privées. D'un point de vue social, des coûts variables, mais tout de même stables, et des prix stables de l'électricité produite par l'énergie nucléaire seraient évidemment favorables à l'investissement, aux consommateurs industriels et individuels. Cependant, vu le mécanisme spécial qui est en vigueur pour fixer les prix sur le marché de l'électricité, seule la technologie du gaz engendre des profits, en bénéficiant d'une couverture automatique par l'alignement de ses coûts variables et des prix de l'électricité. L'énergie nucléaire, en dépit de sa contribution à la stabilité des prix de long terme sur les marchés de l'électricité ne profite pas d'une telle couverture automatique. Le charbon se maintient à peu près au milieu, dans la mesure où les prix du charbon et du gaz varient fréquemment de pair.

La volatilité des prix de l'électricité joue aussi sur les profits attendus de l'électricité produite grâce au gaz et à l'énergie nucléaire par une autre voie. Selon que les taux d'intérêt sont estimés à 5 ou 10 %, les taux d'investissement fixes des centrales à gaz varient entre 11 et 17 % de l'ensemble des coûts pour toute leur durée de vie contre 59 à 76 % pour

les centrales nucléaires (AIE/AEN, 2010). Cela signifie que les investisseurs font face à divers risques réels, si les prix de l'électricité tombent temporairement ou pour de bon en deçà des coûts moyens. Dès que les prix passent sous la barre des coûts variables de production par gaz, cette production s'interrompt, mais la production électronucléaire, elle, se poursuit. Ce qui semble à première vue un désavantage par comparaison s'avère en réalité une force dans l'adversité. Tout investisseur dans la production par gaz abandonnera alors ce secteur à un prix relativement faible (coût du capital), tandis que tout investisseur dans le nucléaire y perdra proportionnellement davantage, dans la mesure où il risque peu de recouvrer l'ensemble de ses capitaux, même s'il continue à tirer de faibles profits tout au long de l'exploitation de la centrale.

Afin d'assurer la compétitivité et l'attrait de l'énergie nucléaire aux yeux des investisseurs, celle-ci se doit donc de maintenir la stabilité des dispositions pour fixer les prix. Deux moyens existent pour y parvenir. Tout d'abord, il est possible de réglementer les prix et d'établir ainsi un barème donné. De toute évidence, il ne saurait s'agir d'une coïncidence si parmi les 21 projets de nouvelles centrales nucléaires aux États-Unis, 19 ont été entrepris sur des marchés réglementés⁴. L'autre solution sur des marchés libéralisés serait d'établir des contrats d'approvisionnement à long terme. Des dispositions de couverture à long terme fixant des prix stables de l'électricité présentent en effet une solution de rechange qui est activement explorée à l'heure actuelle⁵. Toutefois, toute adoption à grande échelle pourrait souffrir d'une liquidité limitée sur les marchés pour les contrats de gré à gré sur plusieurs années et entraîneraient donc des coûts de financement supplémentaires.

Conclusion

La compétitivité réelle de l'énergie nucléaire ne peut être déterminée une fois pour toutes en un simple résumé. Il est clair que dans tout environnement où les coûts de financement sont faibles, les prix du carbone sont élevés et les prix de l'électricité sont stables, la compétitivité de l'énergie nucléaire est manifeste. D'autre part, dans un environnement où les coûts de financement sont élevés, les prix du carbone faibles ou nuls et les prix de l'électricité sont volatils, le dossier économique de l'énergie nucléaire est plus difficile à défendre. Les deux observations s'appliquent aussi aux énergies renouvelables qui, tout comme l'énergie nucléaire, sont des technologies dont les coûts fixes sont élevés, mais qui rejettent peu de carbone.

En emboîtant le pas des observations qui précèdent, afin de soutenir la compétitivité de l'énergie nucléaire à long terme l'industrie nucléaire et les gouvernements devraient :

1. mettre au point des mécanismes financiers, grâce au soutien d'investisseurs à long terme

qui maintiendraient les coûts de financement au minimum ;

2. aider à établir un prix du carbone stable sur le long terme, peut-être de concert avec l'industrie des énergies renouvelables ;
3. aider à créer des conditions de marché qui réduisent la volatilité des prix de l'électricité au minimum, peut-être aussi de concert avec l'industrie des énergies renouvelables.

Pour le moment, l'industrie et les gouvernements viennent tout juste d'aborder le premier objectif. Toutefois, la compétitivité du secteur, qui est établie depuis longtemps, dépendra aussi des progrès qu'ils accompliront en traitant les deuxième et troisième objectifs.

Notes

1. Les calculs tiennent seulement compte de l'effet du coût du capital avec des coûts d'investissement nets (hors intérêts) constants. Normalement, on s'attendrait à des économies complémentaires d'une réduction des délais de construction. Le point le plus évident est sans doute le coût de la main-d'œuvre qui devrait être versé sur une durée moins longue.
2. En effet, les considérations qui suivent ne s'appliquent seulement qu'à des marchés de l'énergie entièrement libéralisés. Sur les marchés où les gouvernements forment les actionnaires principaux des compagnies d'électricité, les coûts de financement pourraient être inférieurs. Même un financement par dette à 100 % pourrait alors être envisagé.
3. Selon *The Economics of Climate Change: The Stern Review* (Les Aspects économiques du changement climatique : le rapport Stern) qui fait autorité en la matière, une telle augmentation aussi limitée correspondrait à une réduction des émissions annuelles mondiales de 50 % et à une réduction des émissions d'environ 80 % dans les pays de l'OCDE. Comme on pouvait s'y attendre, elle prévoit un quasi-doublement de la capacité nucléaire mondiale qui devrait atteindre 700 MWe avant 2050 dans le cadre des mesures à prendre pour stabiliser les concentrations de gaz à effet de serre.
4. Voir www.nrc.gov/reactors/new-reactors/new-licensing-files/expected-new-rx-applications.pdf.
5. Voir le projet français Exeltium à http://medias.edf.com/fichiers/fckeditor/Commun/Presse/Communiqués/EDF/2010/cp_20100325.pdf.

Références

- AIE (2009), *World Energy Outlook*, AIE, Paris.
- AIE/AEN (2010), *Coûts prévisionnels de production de l'électricité : Édition 2010*, AIE et OCDE/AEN, Paris.
- Johnson M. (2010), "Reforms to help low-carbon electricity generators", *Financial Times*, 25 mars 2010.
- Stern N. (2007), *The Economics of Climate Change: The Stern Review*, Cambridge University Press.

Les derniers chiffres actualisés sur l'uranium

par R. Vance*

Selon les données les plus récentes sur l'uranium que l'AEN devrait publier sous peu, les ressources uranifères, ainsi que l'offre et la demande en uranium, sont toutes en hausse. Les travaux d'exploration se sont accrus récemment à proportion de l'expansion prévue de l'énergie nucléaire au cours des années à venir. Les ressources totales identifiées ont augmenté et suffiraient déjà à combler les besoins d'approvisionnement des 100 prochaines années au taux de consommation de 2008. Par contre, les coûts de production ont grimpé, eux aussi.

Le présent article reprend les données de l'édition la plus récente du « Livre rouge », *Uranium 2009 : Ressources, production et demande*, qui regroupe les résultats du dernier examen biennal des aspects fondamentaux du marché mondial de l'uranium et un profil statistique de l'industrie mondiale de l'uranium au 1^{er} janvier 2009. Elle contient les données officielles fournies par les pays membres de l'Agence de l'OCDE pour l'énergie nucléaire (AEN) et les États membres de l'Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA) concernant l'exploration, les ressources, la production d'uranium, ainsi que les besoins liés au fonctionnement des réacteurs. Des projections de la capacité de production nucléaire et de la demande relative en uranium provenant de l'exploitation des réacteurs sont aussi proposées jusqu'en 2035, de même qu'un exposé sur les questions d'offre et de demande en uranium à long terme.

Exploration

Les dépenses d'exploration et de mise en valeur des mines ont plus que doublé par rapport aux chiffres figurant dans l'édition de 2007 du Livre rouge, malgré les prix à la baisse enregistrés sur le marché de l'uranium depuis le milieu de l'année 2007. La plupart des principaux pays qui produisent de l'uranium ont fait état de coûts croissants à mesure que les efforts s'intensifient pour identifier de nouvelles ressources et lancer de nouveaux centres de production. La plus grande partie des activités d'exploration reste concentrée dans des zones qui pourraient comporter des gisements non conventionnels dans des formations de grès aisément accessibles pour des travaux de lixiviation *in situ* et situées principalement à proximité de ressources identifiées et de centres de production existants. Toutefois, comme les prix de l'uranium demeurent plus élevés que ceux qui se sont maintenus au cours des deux dernières décennies du 20^e siècle, même en tenant compte de la chute des

prix depuis le milieu de 2007, une exploration « de terrain » ainsi que dans des régions réputées pour leur potentiel minéral d'après des travaux antérieurs, s'est amplifiée. Selon des données préliminaires, les dépenses nationales d'exploration devraient baisser quelque peu, mais rester élevées en 2009.

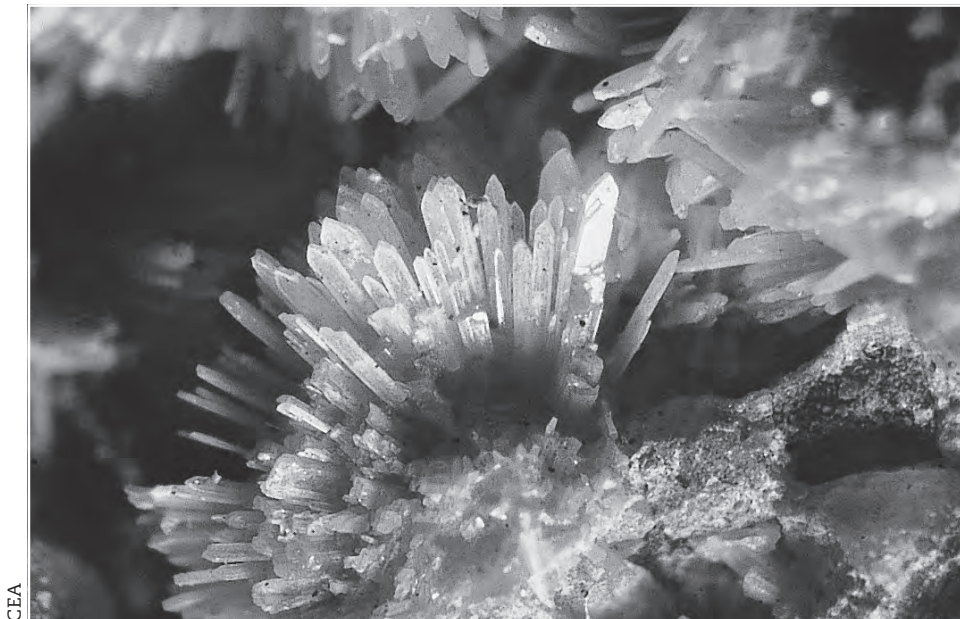
Ressources

L'ensemble des ressources identifiées au 1^{er} janvier 2009 a augmenté d'environ 15 % par rapport au 1^{er} janvier 2007. Une catégorie de coûts élevés, mais moindres que USD 260/kgU, a été utilisée pour la mise à jour du Livre rouge en réponse autant aux prix du marché de l'uranium qui sont généralement à la hausse depuis 2002 qu'aux coûts élevés d'exploitation minière. Bien que les ressources identifiées aient augmenté dans leur ensemble, les ressources les moins chères se trouvent réduites du fait des coûts d'exploitation minière élevés. Par ailleurs, quoiqu'une fraction de l'augmentation générale soit imputable aux nouvelles découvertes, la majeure partie découle des réévaluations des ressources identifiées précédemment. Aux taux de consommation de 2008, les ressources identifiées sont suffisantes pour satisfaire aux besoins d'approvisionnement pour plus de 100 ans.

L'ensemble des ressources non découvertes, qui sont estimées à 10,4 millions de tonnes d'uranium (tU), a baissé légèrement par rapport aux 10,5 millions de tU citées dans l'édition 2007. Il convient de noter, toutefois, que certains pays, y compris les principaux producteurs qui détiennent d'importants stocks de ressources identifiées, ne font pas état de ressources dans cette catégorie.

Les prix de l'uranium sont dynamiques et corrélés à ceux des commodités. La hausse générale des ressources identifiées de 2007 à 2009, qui équivaut à une réserve d'environ 15 ans d'après les besoins en uranium en 2008, montre que les prix de l'uranium continuent de faire fluctuer la quantité totale des ressources et que les nouvelles ressources, aiguillonnées par le marché, sont identifiées aisément. Les données sur les ressources en uranium qui apparaissent dans le Livre rouge représentent un cliché

* M. Robert Vance (robert.vance@oecd.org) travaille dans la Division du développement de l'énergie nucléaire de l'AEN.



CEA

Des cristaux de kasolite contenant de l'uranium.

instantané de la situation au 1^{er} janvier 2009. Des conditions de marché favorables devraient stimuler les travaux d'exploration et, comme par le passé, des efforts renouvelés devraient permettre de repérer de nouvelles ressources par suite de campagnes intensives à mener sur des gisements existants et de découvertes de nouveaux gisements rentables. De récentes initiatives en Australie, par exemple, ont révélé de nouveaux gisements, tandis que celles du Canada ont permis de découvrir des gisements à forte teneur dans le bassin du fleuve Athabasca.

Production

En 2008, la dernière année pour laquelle il existe des données complètes, la production d'uranium atteignait 43 880 tU, soit une augmentation de 6 % par rapport aux 41 244 tU de 2007 et de 11 % face aux 39 617 tU de 2006. Comme ce fut le cas en 2006, 20 pays au total ont communiqué leur production en 2008. La recrudescence de la production mondiale entre 2006 (d'après les données de l'édition 2007 du Livre rouge) et 2008 est due principalement à l'essor prodigieux qu'a connu le Kazakhstan (76 %). Des augmentations plus modestes ont été enregistrées en Australie, au Brésil, en Namibie et en Russie, tandis que des baisses de production ont été constatées dans un certain nombre de pays, dont le Canada, les États-Unis et le Niger, entre 2006 et 2008, à cause d'une combinaison de facteurs liés à du minerai moins riche et à des difficultés techniques. La production par LIS, parfois dénommée récupération *in situ* (RIS), prend rapidement de l'importance à l'échelle mondiale, principalement à cause des augmentations de capacité au Kazakhstan. On s'attend que la production d'uranium en 2009 augmente d'environ 15 % par rapport à 2008, dans la mesure où le Kazakhstan active sa production et que le Malawi amorce la sienne.

Aspects environnementaux de la production de l'uranium

Les aspects environnementaux du cycle de production de l'uranium se divisent normalement en deux volets. Le premier comprend les efforts permanents pour remédier aux incidences des pratiques d'exploitation minière de l'uranium qui ne sont plus réglementées, mais qui nous ont légué un certain nombre de mines d'uranium dans plusieurs pays. À cet égard, l'édition 2009 du Livre rouge actualise certaines des activités visées. Cette expérience constitue un rappel important des conséquences néfastes de pratiques minières désuètes qu'il faut continuer d'éviter au cours des prochaines années à mesure que l'exploitation minière de l'uranium est promise à donner naissance à de nouveaux pays producteurs.

Le second regroupe les efforts visant à assurer que les activités en cours sont conduites de manière à protéger les personnes et l'environnement, tout en évitant l'apparition de nouveaux héritages d'anciennes mines d'uranium. Les informations présentées dans un certain nombre de rapports nationaux tiennent compte des aspects cruciaux de la mise en valeur des mines d'uranium, tels les processus d'évaluation environnementale avant l'ouverture ou l'extension des mines, les programmes de surveillance dans les mines en production, les efforts pour réduire la consommation d'eau et l'application de nouveaux régimes de radioprotection environnementale encore plus stricts. Comme l'exploitation minière de l'uranium peut s'avérer avantageuse pour les populations locales, un exposé décrit comment l'utilisation de fonds découlant des taxes perçues sur les activités d'exploitation de l'uranium et les efforts des sociétés minières elles-mêmes peuvent améliorer les conditions de vie des populations

vivant aux environs des opérations minières. Les sociétés minières d'uranium continuent également à obtenir la certification internationale ISO 14001, qui est reconnue à travers le monde, en matière de gestion durable et de protection environnementale.

Demande en uranium

À la fin de 2008, 438 réacteurs nucléaires commerciaux au total étaient rattachés au réseau et fournissaient une capacité de production nette de quelque 373 GWe. Les acquisitions d'uranium ont baissé depuis quelques années, car la hausse des prix de l'uranium a incité les compagnies d'électricité à spécifier des teneurs de rejet moindres aux installations d'enrichissement afin d'abaisser la consommation d'uranium de ces usines. Comme la capacité nucléaire mondiale, selon les projections, devrait passer de 500 à 785 MWe d'ici à 2035, on prévoit que la demande d'uranium augmentera aussi pour faire fonctionner les réacteurs.

D'importantes variations existent pourtant dans ces projections à l'échelle régionale. On s'attend notamment que la capacité d'énergie nucléaire et les besoins afférents connaîtront une forte augmentation dans les pays d'Asie orientale et occidentale, ainsi que dans les pays d'Europe qui ne font pas partie de l'Union européenne. Par ailleurs, la capacité nucléaire et la demande correspondante varient beaucoup aussi en Amérique du Nord et dans l'Union européenne, mais les projections sont parfois incertaines, dans la mesure où le débat se poursuit sur le rôle que l'énergie nucléaire pourrait jouer afin de satisfaire les besoins futurs en énergie.

Rapports entre l'offre et la demande

À la fin de 2008, la production mondiale d'uranium assurait les deux tiers des besoins des réacteurs dans le monde entier, tandis que le reste reposait sur les réserves d'uranium déjà extrait (appelées aussi « sources secondaires »), y compris les stocks gouvernementaux et commerciaux excédentaires, les livraisons d'uranium faiblement enrichi (UFE) provenant de la dilution d'uranium hautement enrichi (UHE) par suite du démantèlement des armes nucléaires, le ré-enrichissement de l'uranium appauvri et le retraitement du combustible nucléaire utilisé.

La mise en valeur des mines d'uranium a pu répondre aux signaux du marché annonçant une hausse des prix et le renforcement de la demande. Selon les projections actuelles, la production minière d'uranium pourrait satisfaire l'hypothèse forte de la demande en uranium à travers le monde jusqu'à la fin des années 2020. Si la demande augmente à mesure que la croissance prévue se concrétise, les prix de l'uranium se renforceraient, entraînant du coup une capacité de production minière encore plus importante. Toutefois, des cours suffisamment élevés sur le marché seront nécessaires pour financer de telles activités de mise en valeur des mines, surtout à la lumière de l'augmentation des coûts de

production. Les sources secondaires continueront d'être nécessaires, tout en étant complétées autant que possible par les économies d'uranium réalisées en spécifiant des teneurs de rejet moindres aux installations d'enrichissement ou à la suite de percées techniques possibles dans les technologies liées au cycle du combustible.

Bien que les informations sur les sources secondaires soient incomplètes, on s'attend généralement à ce qu'elles subissent une forte baisse tout au long de la prochaine décennie. Toutefois, il reste une quantité peut-être assez importante de minerai déjà extrait (y compris à des fins militaires), si bien que la possibilité que ce minerai, ou une partie tout au moins, soit commercialisé de façon contrôlée ne peut être écartée définitivement. Néanmoins, un marché de l'uranium solide et stable sera nécessaire pour stimuler en temps voulu le développement de la capacité de production et pour augmenter la base des ressources identifiées, si la croissance de la capacité de production nucléaire suit la tendance des projections actuelles. Étant donné, cependant, les délais d'au moins une dizaine d'années, sinon davantage, pour identifier les nouvelles ressources et en assurer l'exploitation, d'une part, et la dispersion relative du réseau mondial des installations minières d'uranium, d'autre part, sans compter les incertitudes géopolitiques, des pénuries dans les approvisionnements en uranium pourraient potentiellement apparaître.

Conclusion

En dépit du récent déclin résultant de la crise financière mondiale, on prévoit que la demande mondiale en électricité continuera de connaître un essor important tout au long des quelques prochaines décennies afin de faire face aux besoins d'une population et d'une économie croissantes. Le fait qu'un nombre important de gouvernements reconnaissent que l'énergie nucléaire peut produire à des prix concurrentiels de l'électricité de base qui ne rejette presque aucun gaz à effet de serre et qu'elle peut aussi jouer un rôle positif en améliorant la sécurité des approvisionnements en énergie, augmente les perspectives de croissance de l'électronucléaire, bien que son ampleur reste à déterminer.

Indépendamment du rôle que l'énergie nucléaire pourrait jouer afin de satisfaire la demande croissante en électricité, la base des ressources en uranium suffit amplement à faire face aux besoins prévus. Même pour répondre aux besoins envisagés dans l'hypothèse haute pour 2035, il ne faudrait que moins de la moitié des ressources identifiées dans la présente édition du Livre rouge. Néanmoins, mettre en valeur en temps voulu des mines qui soient écologiquement durables à mesure que la demande en uranium ne fait qu'augmenter reste un défi. Un marché dynamique sera nécessaire pour que ces ressources soient développées au cours de la même échelle de temps voulu pour satisfaire à la demande future en uranium.

L'usage des appareils de détection à rayons X dans les aéroports

par T. Lazo*

Bien que l'AEN se préoccupe avant tout de la radioprotection dans les centrales nucléaires et les installations similaires, elle s'intéresse aussi à d'autres de ses domaines d'application dans les pays membres. L'un d'entre eux concerne l'utilisation récente d'appareils de détection à rayons X parmi les efforts en vue de renforcer les mesures de sécurité dans les aéroports.

Ces scanners corporels modernes permettent de visualiser rapidement des images du corps humain et de déceler ainsi les armes qu'une personne pourrait dissimuler sous ses vêtements. Les inquiétudes croissantes face aux menaces de terrorisme à bord des vols commerciaux ont incité de nombreux pays à étudier ou à étendre l'utilisation de détecteurs corporels. L'emploi réel ou potentiel de tels appareils soulève toute une série de questions, dont certaines concernent la protection radiologique de ceux et celles qui y sont soumis. Dans ce contexte, l'AEN et plusieurs autres organisations internationales qui traitent de problèmes de radioprotection et qui travaillent de concert sous l'égide du Comité inter-agence sur la sécurité des rayonnements (*Inter-Agency Committee on Radiation Safety – IACRS*)¹, ont récemment mis au point une note d'information sur les principales questions concernant la radioprotection et d'autres thèmes divers qui devraient être pris en compte ou qui l'ont été au moment de décider s'il faut généraliser ou non l'installation de scanners corporels dans les aéroports. Le présent article résume la teneur de la note d'information sur la question.

Historique

La tentative avortée de faire exploser l'avion qui assurait le vol entre Amsterdam et Détroit, le 25 décembre 2009, grâce à la poudre explosive que l'auteur de l'attentat avait cousue dans ses sous-vêtements, a relancé le débat sur le renforcement des mesures de sécurité dans les aéroports. Une grande partie de l'éclat porte sur l'installation nouvelle ou renforcée de scanners corporels qui peuvent révéler la présence d'objets dissimulés sous les vêtements des passagers. Du strict point de vue de la radioprotection, il serait bon de se demander si ces techniques de balayage corporel par rayons X représentent un risque pour la santé des passagers contrôlés et des préposés à leur fonctionnement. En ce qui concerne les incidences sur la santé publique, les statistiques relatives au trafic aéroportuaire mondial indiquent que le nombre

total de passagers aériens atteint aujourd'hui plus de 4,8 milliards par année et que le trafic international de ces passagers compose 42 % du trafic mondial. Par conséquent, le nombre de personnes qui pourraient être exposées aux rayonnements, notamment les passagers contrôlés, le personnel d'exploitation des systèmes de détection, les agents qui travaillent à proximité et les membres du grand public, pourrait s'avérer important².

Questions clés à étudier

Envisagé du point de vue de la radioprotection, toute action ou tout procédé qui cause ou pourrait causer l'exposition radiologique quelconque du public, des travailleurs ou de l'environnement doit être justifié, c'est-à-dire que l'action ou le procédé en cause ne doit être autorisé que s'il en résulte plus d'avantages que d'inconvénients. Si le cas est justifié, la protection doit alors être optimisée et les fruits de l'action ou du procédé devraient être maximisés par rapport au tort réel ou potentiel que provoquerait l'application de mesures de protection.

Dans le cas particulier des scanners corporels dans les aéroports, l'application du principe de radioprotection exigeant une justification signifie qu'il faudra un examen étendu pour apprécier l'équilibre à atteindre entre les dangers radiologiques et autres qui pourraient en découler, d'une part, et l'amélioration de la sécurité de la protection, d'autre part. Les dangers à considérer comprennent les risques radiologiques et les détriments sociaux. Les risques radiologiques, pour leur part, regroupent les risques non seulement des personnes contrôlées et des opérateurs, mais aussi des « grands voyageurs » et du personnel navigant qui pourraient être contrôlés plus fréquemment. Les dangers non radiologiques à prendre en compte concerneraient notamment les questions liées à la protection de la vie privée ou à l'efficacité de l'embarquement. En outre, il conviendrait peut-être de vérifier s'il n'existe pas d'autres techniques de sécurité qui puissent remplir le même objectif sans exposer qui que ce soit aux rayonnements.

* M. Ted Lazo (edward.lazo@oecd.org) travaille dans la Division de la protection radiologique et de la gestion des déchets radioactifs de l'AEN.

Pour tout ce qui relève de l'optimisation des mesures de protection, il faudrait songer à réduire au minimum les expositions individuelles reçues pendant un balayage et fixer une fréquence « appropriée » pour les passagers à contrôler. Dans ce cas, il faudrait peut-être procéder à un contrôle systématique de tous les passagers, n'en contrôler qu'une partie ou ne contrôler qu'un très petit nombre de passagers choisis au hasard.

En fin de compte, de telles décisions sont plutôt du ressort des autorités nationales et il n'existe actuellement aucun consensus à l'effet que l'utilisation des scanners corporels à rayons X soit justifiée ou non. Toutefois, les renseignements suivants peuvent servir de référence aux gouvernements et à leurs organismes de réglementation lorsqu'ils doivent décider du bien-fondé des scanners corporels.

Description des technologies existantes les plus répandues

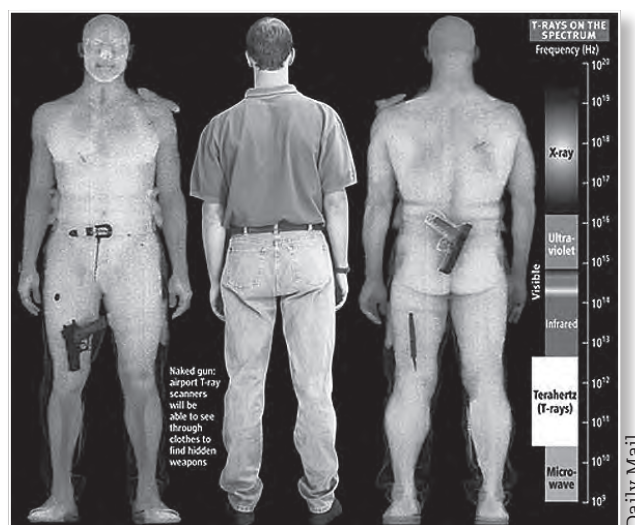
Quatre types de scanners corporels sont capables de détecter des objets dissimulés parmi ceux qu'une personne peut porter sur elle et de le signaler au moyen d'une alarme. Deux systèmes sont actionnés par une machine à rayons X ; le troisième intègre une machine qui émet des ondes radioélectriques de haute fréquence, mais qui ne sont pas ionisantes, tandis que le quatrième n'utilise pas de rayonnements émis par une machine, mais capte plutôt les ondes radioélectriques non ionisantes qu'émet le corps humain. Dans tous les cas, un opérateur humain peut faire partie intégrante du système, encore que les appareils les plus récents peuvent traiter les images automatiquement et ne requièrent l'intervention d'êtres humains qu'en présence d'articles douteux qui déclenchent l'alarme.

Les scanners corporels basés sur deux types d'appareils à rayons X existent sur le marché depuis des décennies. Si les rayons X rétrodiffusés sont utilisés pour visualiser les objets cachés sous les vêtements des passagers, les rayons X peuvent aussi transmettre une image des articles présents dans l'organisme, notamment s'ils ont été avalés, dissimulés dans les cavités du corps ou implantés sous la peau. Les deux techniques peuvent reproduire des vues fixes de haute qualité en 20 à 30 secondes environ.

Les autres types de scanners corporels courants sont fondés sur des techniques non ionisantes. Ils sont actuellement en vente sur le marché et sont à l'essai depuis un certain temps. Les modèles actuels font appel à des techniques non ionisantes basées sur des ondes radioélectriques (imagerie par ondes millimétriques ou par rayonnements térahertz) ou sur l'imagerie thermique et multibande. Ces techniques ne peuvent seulement détecter que les objets dissimulés sous les vêtements. À l'heure actuelle, la technique la plus développée et la plus répandue est celle des ondes millimétriques qui peut fournir des vues fixes tridimensionnelles de haute qualité en deux à trois secondes environ.

Exposition radiologique aux scanners corporels à rayons X

Les scanners corporels qui sont fondés sur des techniques non ionisantes n'exposent pas les personnes contrôlées par des rayonnements ionisants, tandis que les scanners corporels à rayons X les exposeraient, même si la dose était très faible. En général, la dose de rayonnement de la personne contrôlée par un système de rayonnements rétrodiffusés est beaucoup plus faible que la dose engendrée par un simple système de transmission. Toute personne soumise à un balayage simple, par exemple, reçoit normalement une dose de rayonnement de 0,1 μSv d'un système à rayons X rétrodiffusés et environ 5 μSv d'un système par transmission de rayons X. Comme les doses de rayonnement sont cumulatives, la dose totale d'une personne dépendra du nombre de balayages réalisés (certains passagers pouvant nécessiter jusqu'à quatre balayages par contrôle) et de la fréquence des déplacements du passager. Pour remettre les choses en perspective, on pourrait dire que, tout au long de toute année donnée, chaque personne vivant sur terre reçoit en moyenne environ 3 000 mSv en provenance du fond de rayonnement naturel. En vol, les rayonnements cosmiques galactiques forment une source importante d'exposition aux rayonnements pour le personnel navigant et pour les passagers, dans la mesure où les taux de dose sont nettement plus élevés qu'au sol. Les doses reçues en cours de vol varient en fonction de l'itinéraire de l'avion (latitude, altitude et durée), mais, à titre comparatif, la dose totale effective type attribuable aux rayonnements cosmiques galactiques pour un vol transatlantique, notamment d'Europe vers l'Amérique du Nord, est de l'ordre de 50 μSv . Dans ce contexte, les questions de radioprotection relatives à l'utilisation des scanners corporels à rayons X devraient être évaluées et confrontées avec les avantages directs et indirects de tels scanners en tant que données d'entrée pour aider les gouvernements à trancher s'ils doivent les utiliser ou non.



Images provenant d'un scan térahertz montrant la détection d'armes cachées.

Questions de protection de la vie privée

Les questions de protection de la vie privée constituent une préoccupation majeure en ce qui concerne l'emploi des scanners corporels, surtout s'il s'agit de systèmes à rayonnements rétrodiffusés, dans la mesure où cette technique reproduit une image du corps humain dénudé. Des mesures sont prises pour répondre à cet inconvénient en isolant les agents qui interprètent les images dans une pièce séparée où ils ne peuvent avoir de contact avec les personnes contrôlées dont un logiciel leur masque aussi le visage et les parties intimes – dans ce cas, l'analyse des images pourrait être automatisée. Dans certains pays, l'agent qui contrôle et la personne contrôlée doivent être du même sexe, tandis que dans d'autres pays, les enfants ne sont pas soumis aux contrôles.

Questions de radioprotection

Les gouvernements qui souhaitent évaluer le bien-fondé des scanners corporels à rayons X avant de décider de les utiliser ou non, auraient tout intérêt à se poser deux questions importantes liées à la radioprotection avant de justifier leur choix. D'une part, bien que les expositions individuelles soient très faibles, l'exposition à laquelle sont soumises les personnes contrôlées dans leur ensemble, dépendra du fait que tous les passagers seront systématiquement contrôlés ou non, ou inversement, que les passagers à contrôler seront choisis au hasard ou selon des critères bien précis. La procédure retenue pour sélectionner les passagers devrait être connue afin de pouvoir évaluer correctement toutes les incidences de radioprotection liées à l'utilisation des scanners corporels.

D'autre part, l'emploi des scanners corporels à rayons X sur des groupes sensibles, comme les femmes enceintes et les enfants, pourrait laisser craindre qu'il existe d'autres dangers, si bien que les gouvernements seraient peut-être avisés d'évaluer la question séparément au moment de justifier leur décision.

Conclusions

Il n'est pas possible de formuler des déclarations générales sur les arguments invoqués avant de décider à l'échelle nationale de recourir ou non aux scanners corporels à rayons X. On peut seulement dire que la plupart des pays semblent avoir choisi de ne pas utiliser de scanners corporels à rayons X, mais plutôt des systèmes sans ionisation ou d'autres techniques de détection plus classiques, comme les détecteurs de métaux, la fouille par palpation, etc. Dans toutes ces décisions nationales, il semblerait que les questions de protection de vie privée liées à l'emploi de ces appareils aient soulevé des problèmes sociaux, peu importe que ces appareils soient à rayons X ou non. Il semblerait également que le simple fait que les scanners à rayons X émettent de rayonnements, même à un niveau très bas, pro-

voque une vive inquiétude auxquelles les autorités nationales de radioprotection tentent actuellement de répondre. La note d'information de l'IACRS sur la question a clairement contribué à mieux faire connaître la nature des problèmes en jeu et à documenter le débat politique qu'ils soulèvent.

Notes

1. L'IACRS a été créée en 1990 afin de promouvoir la cohérence et la coordination des stratégies relatives à des thèmes d'intérêt commun en radioprotection et en sûreté. Les thèmes d'intérêt commun pour les membres portent sur l'application des principes, des critères et des normes de radioprotection et de sûreté, notamment sous forme de règlements, la coordination des projets recherche et développement, l'amélioration de l'enseignement et de la formation, la promotion d'échanges d'informations plus étendues, la facilitation du transfert des techniques et du savoir-faire et, enfin, la fourniture de services en radioprotection et en sûreté. Pour de plus amples détails sur le Comité, voir www.iacrs-rp.org/.
2. Dans les *ACI Annual World Airport Traffic Reports (WATR)*, les aéroports membres de l'association *Airport Council International (ACI)*, qui représentent environ 98 % du trafic aéroportuaire mondial, ont signalé que le nombre total de passagers n'augmentait que légèrement et qu'il n'était passé que de 4,869 milliards, en 2007, à 4,874 milliards en 2008.

Références et normes nationales et internationales pour l'utilisation des scanners corporels à rayons X

Airports Council International, *ACI Annual World Airport Traffic Reports*, à consulter en ligne : www.airports.org/.

ANSI/HPS Standard N43.17-2009, "Radiation Safety for Personnel Security Screening Systems Using X-Ray or Gamma Radiation", American National Standards Institute, Inc., adopté en août 2009.

International Electrotechnical Commission (2010), "Radiation protection instrumentation – X-ray systems for the screening of persons for security and the carrying of illicit items", IEC 62463.

National Council on Radiation Protection and Measurements (2003), "Screening of Humans for Security Purposes Using Ionizing Radiation Scanning Systems, NCRP Commentary No. 16", National Council on Radiation Protection and Measurements, Bethesda, Maryland.

R. Bütikofer, E.O. Flückiger, B. Pirard et L. Desorgher (2009), "Effective radiation dose for selected intercontinental flights during the GLEs on 20 January 2005 and 13 December 2006", dans *Proceedings of the 21st European Cosmic Ray Symposium*, 2009.

U.S. Interagency Steering Committee on Radiation Standards (2008), "Guidance for security screening of humans utilizing ionizing radiation", ISCORS Technical Report 2008-1.

Aspects stratégiques de la gestion des urgences nucléaires et radiologiques

par B. Ahier*

Toute situation d'urgence exige que les organisations compétentes prennent des mesures efficaces en temps voulu, non seulement afin d'en atténuer les incidences sur la population, les infrastructures et l'environnement, mais aussi de contribuer à rétablir autant que possible une activité sociale et économique normale dans les zones touchées. Pour assurer une gestion efficace en fonction du temps disponible (voir Figure 1), il est donc impératif d'élaborer, d'actualiser et d'appliquer des plans et des mesures opportunes bien avant que survienne toute situation d'urgence. Tous ces dispositifs doivent comprendre des éléments et des ressources appropriés de protection civile, d'intervention et d'aide pour faire face aux menaces connues, identifier et regrouper les partenaires visés et intégrer les contacts internationaux à informer. Bien gérer des situations d'urgence complexes qui peuvent entraîner tout un éventail de conséquences et faire appel à de multiples organisations, autant locales que nationales et internationales, requiert aussi de prévoir une infinité de décisions à prendre, une bonne connaissance des interactions entre les diverses organisations d'intervention et un modèle de coordination.

L'expérience acquise dans la gestion des situations d'urgence a montré que l'intégration de ces facteurs dans les mesures de préparation et d'intervention en cas d'urgence devrait se fonder sur une approche stratégique directrice. Les interventions d'urgence forment un processus dynamique qui évolue dans le temps à partir d'un événement à peine documenté jusqu'à une situation qui pourrait receler une mine impressionnante de renseignements. C'est dans un tel contexte que les organisations d'intervention d'urgence doivent être en mesure de répondre de façon efficace et opportune en tout temps pendant la gestion de l'urgence. Leur travail sera facilité par un cadre englobant plusieurs disciplines qui soutiendront le processus décisionnel.

Afin de contribuer aux travaux dans ce domaine, le Groupe de travail sur les urgences nucléaires (WPNEM) du Comité de protection radiologique et de santé publique (CRPPH) de l'AEN a examiné son expérience collective afin d'en tirer les thèmes-clés qui pourraient former une stratégie en vue d'améliorer le processus décisionnel pour mieux gérer les situations d'urgence. L'examen portait surtout sur la série d'Exercices internationaux d'urgence nucléaire (INEX) de l'AEN et sur les enseignements à tirer des programmes nationaux de gestion d'urgence. En outre, l'expérience acquise au cours de l'exercice INEX-3, en 2005-2006, a montré que la gestion des conséquences à long terme et la transition vers le retour à la normale restaient un défi particulièrement épineux. Dans ces conditions, le WPNEM s'est aussi attaché à élaborer des stratégies de contre-mesures afin de traiter les incidences à long terme d'une situation d'urgence.

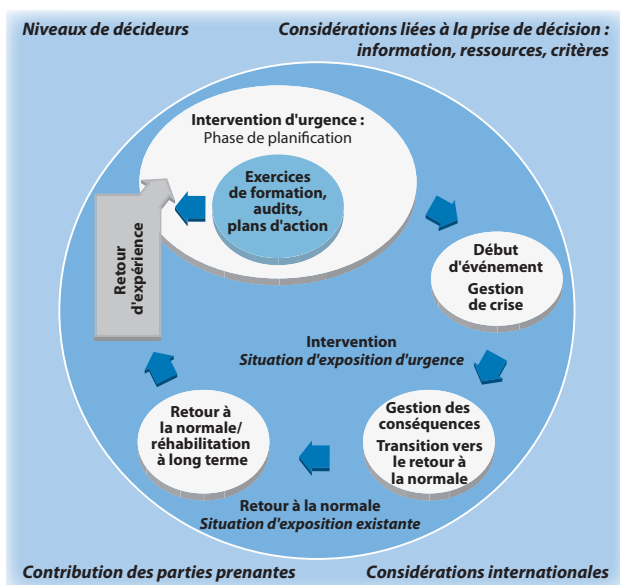
Comme le processus décisionnel est au cœur de la gestion d'urgence, le WPNEM a mis au point un cadre stratégique dont les autorités nationales de protection civile doivent tenir compte lorsqu'elles établissent ou améliorent les processus décisionnels et qu'elles développent ou mettent en œuvre des stratégies de protection. Les résultats sont présentés dans un rapport sur les aspects stratégiques de la gestion des urgences nucléaires et radiologiques (*Strategic Aspects of Nuclear and Radiological Emergency Management*), qui permet de mieux comprendre le processus décisionnel et en décrit le principe stratégique comme partie intégrale de la gestion d'urgence. Une telle orientation stratégique appliquée au stade des préparatifs d'intervention améliorera la gestion de situations critiques complexes auxquelles participent de nombreuses organisations et parties prenantes aussi bien à l'échelle locale, que nationale et internationale.

Figure 1: Tableau chronologique de gestion par phase d'urgence

Préparation	Intervention				Retour à la normale
	Phase initiale		Phase intermédiaire		Phase postérieure
Phase de planification	Événement/lancement de l'intervention	Gestion de crise	Gestion des incidences	Transition vers le retour à la normale (y compris la planification afférente)	Retour à la normale/réhabilitation à long terme
	Situation d'exposition d'urgence				Situation d'exposition existante

* M. Brian Ahier (brian.ahier@oecd.org) travaille dans la Division de la protection radiologique et de la gestion des déchets radioactifs de l'AEN.

Figure 2: Aperçu du cycle de gestion des situations d'urgence



Une bonne planification : la clé d'un processus décisionnel efficace

En adoptant une approche stratégique face aux décisions à prendre à chaque étape de la structure de gestion d'urgence et entre pays, les instances d'intervention contribuent ainsi à la protection optimale de la santé, de l'environnement et de la société en cas d'urgence. Dans un tel contexte, la première partie du rapport décrit le cadre décisionnel à sept volets principaux, qui sont résumés ci-dessous. Ceux-ci couvrent toutes les phases nécessaires pour gérer la situation d'urgence et permettent d'identifier et de cerner les aspects pertinents dont il faudrait tenir compte en formulant une décision.

Planifier la prise de décision au sein du cycle de gestion d'urgence

La prise de décision est le pivot de la gestion d'urgence. Toute stratégie liée au processus décisionnel doit être cohérente avec le cycle de gestion d'urgence général d'un plan de protection civile fondée sur l'intervention, le retour à la normale et le retour d'expérience après l'événement (voir Figure 2).

Étendue des préparatifs

À la suite d'une évaluation globale des menaces et des risques, on élabore des scénarios détaillés plausibles qui tiennent compte de toutes les urgences radiologiques et nucléaires selon leur origine, leur probabilité et l'ampleur de leur impact. Les résultats de ces évaluations fournissent des indices aux planificateurs d'urgence quant au niveau de détail à attribuer à la planification de chaque scénario, soit dans son ensemble ou à ses différentes étapes.

Structure de la gestion d'urgence et coordination du processus décisionnel

Différentes organisations rattachées à différentes instances joueront un rôle dans le cycle de gestion d'urgence. Un aspect clé de la prise de décision tiendra donc à la coordination des divers processus décisionnels parmi toutes les organisations qui sont

engagées à l'échelle locale, nationale ou internationale. Une bonne coordination des dispositions et des responsabilités de chacune d'entre elles pour se prononcer sur les divers scénarios est donc primordiale entre les instances visées, le but étant de disposer d'approches et de décisions pertinentes qui soient aussi compatibles que pratiques à tous les paliers de l'intervention afin d'assurer la protection optimale de la santé, de l'environnement et de la société.

Identifier et caractériser les principaux facteurs liés aux décisions

Prévoir, identifier et caractériser aussi bien les principaux facteurs liés à la prise de décision que le calendrier d'intervention d'urgence est d'un intérêt capital pour assurer la réussite dans la planification des situations d'urgence, notamment dans le cas des types et de la durée des décisions probables, ainsi que de leurs caractéristiques, comme les données d'entrée nécessaires pour établir la première base technique de recommandations, les données de sortie et les liens avec les autres partenaires et parties prenantes.

Coordination des communications

La coordination des décisions est capitale parmi toutes les parties qui sont mêlées aux questions d'intervention autant à l'échelle nationale qu'internationale. Des communications efficaces et une bonne coordination ne pourront que faciliter la compatibilité des décisions.

Prise de décisions pertinentes et opportunes

Même si l'évaluation des menaces et des risques désigne les types de scénarios qu'il faut assortir d'un plan détaillé, chaque situation d'urgence possède ses propres caractéristiques. Les décisions doivent donc répondre aux caractéristiques de chaque situation spécifique. Les processus qui favorisent la formulation de recommandations propres à chaque situation donnée sont critiques parce que telle ou telle décision applicable à telle ou telle situation d'urgence ne conviendra pas nécessairement à une autre situation tout à fait différente.

Participation des parties prenantes

Des situations d'urgence complexes réclament la participation d'une grande variété de parties prenantes afin d'en faciliter la gestion efficace. Les planificateurs d'urgence et les décideurs peuvent avoir une influence sur l'efficacité des décisions et sur l'application des stratégies de protection. Toutes les parties prenantes visées, que ce soit directement ou par l'intermédiaire de représentants, devraient être intégrées dans les mesures de planification correspondantes.

Gestion des conséquences et transition vers le retour à la normale

En plus d'atténuer les incidences sur la population, les infrastructures et l'environnement, la planification des interventions d'urgence comprend l'objectif ultime de faire en sorte que les zones affectées retrouvent autant que possible leurs activités sociales et économiques normales. Un tel objectif suscitera d'important défis non seulement pour les populations touchées, mais aussi pour les organisa-

tions chargées de la gestion d'urgence et du retour à la normale dans les pays qui sont directement ou indirectement visés par l'événement. Remplir cette mission sera grandement facilité autant par une gestion des conséquences que par une transition vers le retour à la normale, tout aussi efficaces que coordonnées, qui détermineront le contexte, notamment socio-économique, de la reprise des activités à long terme. Les stratégies de gestion qui sont élaborées et mises en œuvre dans le cadre de la protection civile amélioreront le processus décisionnel tout au long de l'intervention d'urgence.

Dans ce contexte, la deuxième partie du rapport sur les aspects stratégiques de la gestion d'urgence décrit le cadre de planification et d'application des stratégies de protection de la gestion d'urgence comme élément de la gestion des conséquences et de la transition vers le retour à la normale, en s'attachant tout particulièrement aux domaines d'intérêt qui ont été identifiés au cours de l'exercice INEX-3. Un aspect crucial de ces dernières phases d'urgence tient au fait que la situation elle-même pourrait se révéler difficile à prévoir d'avance en détail. En effet, bien que les stratégies de protection au tout début de toute situation d'urgence puissent paraître relativement simples à caractériser et à instaurer en fonction d'un scénario donné, les stratégies de protection au cours des phases tardives deviennent de plus en plus difficiles à planifier au stade préparatoire.

C'est pourquoi il est important de planifier les structures et les stratégies pour contrer les conséquences des phases tardives et gérer le retour la normale, plutôt que de se concentrer sur des actions spécifiques. Cela ne veut pas dire que toute planification préliminaire ne soit pas nécessaire pour autant, mais plutôt que les préparatifs d'urgence devraient porter davantage sur la désignation des types de zones d'intervention et d'actions nécessaires que sur des détails spécifiques.

Fondé sur le cadre décisionnel précisé plus haut, le nouveau cadre décrit ci-dessous couvre ces aspects de la gestion des conséquences et la transition vers le retour à la normale qui pourraient être planifiés au mieux à l'avance. Il serait d'ailleurs souhaitable qu'il soit appliqué par les instances nationales de gestion d'urgence en éclairant utilement les arguments qui sous-tendent la planification et l'application des stratégies de protection, notamment pour l'élaboration spécifique des plans, procédures et dispositions nécessaires.

Structurer la gestion d'urgence en vue de la gestion des conséquences et du retour à la normale

Au cours de la phase préparatoire, il est important de désigner, de coordonner et de déterminer les rôles et les responsabilités de chaque unité dans la structure générale de la gestion d'urgence afin de bien gérer les conséquences et d'envisager le retour à la normale. Pour y réussir, il faut établir des partenariats avec des organisations et des instances données afin de planifier et de mettre en œuvre des interventions coordonnées, de développer et d'appliquer des stratégies de protection, ainsi que de coordonner les objectifs et les stratégies portant sur le retour à la

normale, tout en instaurant des stratégies en vue de communications internationales coordonnées qui faciliteraient la prise de décisions compatibles.

Traiter la phase de la gestion des conséquences

Dans le cadre de la protection civile, les organisations responsables devraient évaluer les menaces et les risques afin d'identifier les incidences potentielles et les contre-mesures possibles pour chaque scénario plausible. Des stratégies de protection optimisées en vue de la gestion des conséquences et de la transition vers le retour à la normale devraient être mises au point en consultation avec toutes les parties visées, avant que survienne toute situation d'urgence. En cas d'urgence, les décideurs devraient pouvoir être conseillés à propos de la meilleure marche à suivre à toutes les étapes de la gestion des conséquences et de la transition vers le retour à la normale. Toute contre-mesure devrait être annulée dès qu'elle a atteint son objectif, qu'elle ne s'applique plus ou que l'évolution de la situation exige une approche ou une contre-mesure différente.

Gérer la transition vers le retour à la normale

Il est important d'identifier les questions potentielles à traiter pendant la phase de réhabilitation à long terme qui suit toute situation d'urgence. Pour soutenir cette entreprise, il serait bon d'élaborer un plan-cadre de réhabilitation de base comme mesure de protection civile, comportant des thèmes communs afin de faciliter les activités de reprise et élaborer des solutions détaillées en réponse à une situation d'urgence spécifique, notamment la description des rôles, des responsabilités, des priorités, des calendriers d'intervention et des incidences financières en cause.

Mettre au point et actualiser les processus de participation des parties prenantes

Les planificateurs devraient identifier et faire participer toutes les parties prenantes visées par le plan d'intervention en cas d'urgence afin d'améliorer non seulement l'élaboration et l'application des stratégies de protection pertinentes, mais aussi la transition vers le retour à la normale.

Conclusion

Espérons que les planificateurs d'urgence et les décideurs, après avoir pris connaissance des cadres de travail énoncés dans le rapport, y trouveront des approches compatibles et/ou cohérentes face à la gestion des conséquences et au retour à la normale parmi les niveaux multiples d'organisations et d'instances, nationales et internationales qui interviennent en cas d'urgence. Le rapport *Strategic Aspects of Nuclear and Radiological Emergency Management* est téléchargeable sans frais à partir du site Internet de l'AEN : www.nea.fr.

Note

1. Le WPNEM se montre reconnaissant vis-à-vis des trois groupes d'experts qui ont développé différents aspects de ce rapport et remercie les présidents de ces groupes – M. B. Powell (Royaume-Uni), Mme C. McMahon (Irlande), M. F. Ugleveit (Norvège) – ainsi que leurs membres pour leurs contributions.

Installations expérimentales pour la recherche en sûreté des réacteurs avancés

par A. Amri, J. Papin, J. Uhle et C. Vitanza*

Depuis de nombreuses années, l'AEN étudie les questions liées aux réacteurs avancés et diffuse des informations utiles aux organismes de réglementation, aux concepteurs et aux chercheurs sur les questions de sûreté et les besoins connexes en recherche. À la suite des recommandations formulées par les participants à un atelier de l'AEN, le Groupe de travail sur les installations expérimentales pour les réacteurs avancés (*Task Group on Advanced Reactor Experimental Facilities – TAREF*) a été créé dans le but de recenser les installations capables de mener les recherches nécessaires pour assurer la sûreté des réacteurs refroidis par gaz (RRG) et des réacteurs rapides refroidis au sodium (RRS), sans exclure d'autres filières de réacteur qui pourraient être prises en compte ultérieurement. Le groupe TAREF a donc été institué en 2008 et se compose des pays suivants : l'Allemagne, le Canada, la Corée, les États-Unis, la Finlande, la France, la Hongrie, l'Italie, le Japon et la République tchèque. Au cours de la deuxième phase, l'Inde a présenté des informations précieuses sur ses installations expérimentales où s'effectuent des recherches sur la sûreté des RRS.

Méthode d'étude

Les membres du groupe TAREF ont décidé d'utiliser une approche fondée sur l'expérience acquise dans le cadre d'une activité similaire de l'AEN sur les installations-soutien des réacteurs existants et avancés, laquelle est décrite dans le rapport intitulé *Nuclear Safety Research in OECD Countries: Support Facilities for Existing and Advanced Reactors (SFEAR)*. La méthode d'étude adoptée avait d'abord pour but d'identifier les questions de sûreté les plus importantes à approfondir par des recherches, puis de classer les installations disponibles ou envisagées en fonction de leur pertinence à répondre à ces questions de sûreté.

Le Groupe de travail a aussi convenu que la tâche liée aux RRG pourrait être menée à bien avant les travaux portant sur les RRS, étant donné qu'une partie importante des questions à traiter avait déjà été regroupée lors d'un exercice de la Commission de réglementation nucléaire des États-Unis (*US Nuclear Regulatory Commission – USNRC*) sur les tableaux d'identification et de classement hiérarchique des phénomènes (*Phenomenon Identification and Ranking Tables – PIRT*). Ainsi, deux rapports distincts ont été publiés eu égard aux tâches consacrées respectivement aux RRG et aux RRS. Ces rapports sont résumés ci-dessous.

Démarche pour les réacteurs refroidis par gaz

Le TAREF a adopté une démarche similaire à celle qu'avait utilisée l'USNRC pour élaborer les PIRT et a désigné les domaines techniques suivants à étudier : les accidents et la thermique des fluides caloporteurs (y compris la neutronique), le transport des produits de fission, les matériaux métalliques, le graphite et les céramiques à haute température, ainsi que le combustible à triple structure isotrope (TRISO) et d'autres types de combustibles. Dans le cas de matériaux structuraux, l'expérience rattachée au graphite et aux céramiques pourrait s'étendre à d'autres domaines que le nucléaire et a été prise en compte dans toute la mesure du possible. D'autres disciplines techniques, telles l'évaluation du risque sismique (sauf pour les conséquences possibles sur la compaction du cœur), la protection contre l'incendie, les systèmes de contrôle-commande, ainsi que les facteurs humains et organisationnels ne sont pas abordés dans le rapport, dans la mesure où ces questions ne concernent pas seulement les RRG.

Pour chacun des domaines techniques signalés plus haut, les membres du groupe TAREF ont identifié les questions de sûreté à éclairer par de nouvelles recherches. Seuls les thèmes désignés comme étant d'importance pour la sûreté et pour lesquels l'état des connaissances est « faible » ou « moyen » ont été retenus pour les discussions.

Démarche pour les réacteurs rapides au sodium

D'après les discussions qui ont eu lieu et les résultats issus des réponses à un questionnaire, les membres du groupe TAREF ont identifié les domaines techniques suivants à traiter dans le cas des RRS : la thermique des fluides caloporteurs, la sûreté du combustible, la physique des réacteurs, les accidents graves, les risques liés au sodium, l'intégrité des structures, etc. Les quatre premiers domaines techniques concernent les phénomènes et les questions propres au secteur nucléaire, tandis que les autres

* M. Abdallah Amri (abdallah.amri@oecd.org) fait partie de la Division de la sûreté nucléaire de l'AEN, tandis que Mme Joëlle Papin (joelle.papin@irsn.fr) travaille à l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN) de France et préside le TAREF/SFR ; Mme Jennifer Uhle (jennifer.uhle@nrc.gov) dirige la Division des analyses de systèmes (Division of Systems Analysis) du Bureau des recherches en réglementation nucléaire (Office of Nuclear Regulatory Research), de l'USNRC et préside le TAREF/GCR ; M. Carlo Vitanza (carlo.vitanza@hrp.no) est le gestionnaire principal du Projet Halden de l'OCDE/AEN en Norvège.

portent sur des phénomènes relatifs au secteur nucléaire, mais dont l'application peut être plus large.

De même, l'évaluation du risque sismique (sauf pour les conséquences possibles sur la compaction du cœur), les systèmes de contrôle-commande, ainsi que les facteurs humains et organisationnels n'ont pas été abordés, parce qu'ils ne se rattachent pas exclusivement à l'industrie nucléaire et que, au sein du domaine nucléaire, ils ne sont pas liés uniquement aux RRS. D'autres domaines techniques, comme la fabrication et la manutention du combustible et les techniques de recherche sur les matériaux irradiés (comme celles qui sont utilisées dans les cellules chaudes) n'ont pas été prises en compte, car elles s'assimilent davantage aux questions d'exploitation ou ne sont pas liées exclusivement aux RRS.

Pour chacun des domaines techniques cités plus haut, les membres du groupe de travail ont défini une série de questions sur la sûreté nécessitant des recherches supplémentaires et les ont classées par degré d'importance vis-à-vis de la sûreté (haute, moyenne, faible) et en fonction de l'état des connaissances fondé sur l'échelle suivante par rapport à une connaissance parfaite : très bon (75 à 100 %), moyen (25 à 75 %) et faible (0 à 25 %). Dans le cas des RRG, seules les questions identifiées comme étant d'importance pour la sûreté et pour lesquelles l'état des connaissances est faible ou moyen ont été intégrées dans les discussions, dans la mesure où ces questions nécessiteraient des études plus poussées.

Questions de sûreté et installations expérimentales appropriées

Pour chacune des questions de sûreté identifiées, les membres du groupe TAREF ont désigné des installations appropriées et fourni des indications pertinentes, comme les conditions d'exploitation (en ou hors réacteur), le domaine de fonctionnement, la description de la section d'essai, le type d'essai, l'instrumentation, l'état actuel et la disponibilité, ainsi que l'unicité. D'après les informations recueillies, les membres du groupe TAREF ont évalué les perspectives et les priorités des recherches sur la sûreté des RRG et des RRS et ont formulé des recommandations relatives aux priorités et aux options en vue d'utiliser les installations dans le cadre de programmes internationaux. Plus particulièrement, le groupe a convenu des principaux critères à appliquer pour fixer les priorités en se basant sur les éléments suivants, classés, pour chacun d'entre eux, par ordre d'importance élevée, moyenne ou faible :

- la capacité de l'installation de traiter une question donnée ;
- l'unicité (notamment la possibilité d'effectuer des essais en pile sur un prototype) ;
- l'existence des moyens envisagés pour traiter de la question : vu le contexte spécifique de la mise au point des RRS qui a nécessité une importante activité de R-D de 1970 à 1995, qui a été suivie par une réduction des efforts et qui connaît main-

tenant une reprise dans plusieurs pays, trois fenêtres de temps ont été examinées (0 à 3 ans, 4 à 8 ans et au-delà de 8 ans) ;

- la disponibilité et la capacité du personnel pour s'occuper de telle ou telle question ;
- les coûts d'exploitation (moins de 0,3 million USD, de 0,3 à 1 million USD et plus de 1 million USD) ou de construction (moins de 0,5 million USD, de 0,5 à 2 millions USD et plus de 2 millions USD).

Le groupe a classé les installations qui coûtaient cher à exploiter ou à construire à un rang élevé parce qu'elles risquent davantage d'être retenues pour héberger un programme de coopération multilatérale que les installations meilleur marché qui, elles, pourraient être soutenues par un pays à lui tout seul. Les membres du groupe TAREF qui avaient proposé des installations ont été invités à les caractériser selon les critères mentionnés ci-dessus. En se fondant sur ces informations, des conclusions ont été tirées et des recommandations ont été formulées telles que ci-après.

Conclusions et recommandations

1. Les travaux du TAREF se sont avérés utiles non seulement pour dégager un consensus concernant les domaines et les questions techniques liés à la sûreté des filières RRG et RRS, mais aussi pour identifier un certain nombre d'installations qui sont déjà prêtes ou qui seront prêtes à soutenir des recherches sur la sûreté des RRG et de RRS dans les pays membres de l'OCDE/AEN.
2. Les installations existantes, de même que les installations qui sont actuellement en construction ou prévues dans les pays membres, couvrent tous les domaines techniques d'intérêt et la plupart des questions de sûreté qui y ont été identifiées. Il n'y a donc pas lieu pour le Comité sur la sûreté des installations nucléaires (CSIN) de l'AEN de songer à construire une installation au-delà de ce qui est actuellement prévu dans les pays membres. Toutefois, vu le contexte spécifique de l'élaboration des RRS, beaucoup d'installations qui étaient refroidies par le sodium par le passé ne sont plus en service ou ont été converties pour résoudre des questions liées aux réacteurs à eau, ce qui explique, dans le cas des RRS, que la disponibilité d'installations appropriées pour tous les domaines techniques soit restreinte à court terme et que la décision de relancer ou de modifier certaines installations soit actuellement à l'étude. La situation a aussi incité le groupe à classer les installations selon trois fenêtres de temps jusqu'au long terme, c'est-à-dire au-delà de huit ans à partir de maintenant.
3. Après avoir dépouillé les réponses qui ont été reçues, les installations classées au rang le plus élevé ont été répertoriées. Dans le cas des RRS, elles sont classifiées à court, à moyen et à long termes, mais il est important de noter que la disponibilité des installations qui sont en construction ou qui sont appelées à redémarrer ou à être

rénovées ne peut être assurée par rapport à une date donnée. Toute installation qui est disponible à court terme est supposée disponible à moyen et à long termes, de même que toute installation disponible à moyen terme est réputée potentiellement disponible à long terme.

Recommandations spécifiques pour les réacteurs refroidis au gaz

4. Le réacteur expérimental technique japonais à haute température (*High-temperature Engineering Test Reactor – HTTR*) constitue une ressource sans équivalent, dans la mesure où c'est le seul RRG expérimental à haute température qui soit disponible pour mener un programme d'essais dans les pays membres de l'OCDE/AEN. Il s'agit d'un réacteur modéré au graphite et refroidi à l'hélium qui peut atteindre des températures aussi élevées que 1 600°C dans certaines conditions simulant des situations accidentelles. Les expériences prévues pour étudier les effets de la perte de circulation forcée sur le comportement du système de refroidissement du puits de cuve sont étroitement liées aux évaluations de sûreté des RRG. Le HTTR convient aussi pour étudier les questions de neutronique, de rejets de produits de fission et de poussières de graphite dans les configurations de combustible prismatiques. Des dispositions devraient être prises afin d'établir un programme international axé sur les capacités du HTTR et sur les questions de sûreté identifiées par le groupe TAREF.
5. La boucle à hélium et à haute température (*High-temperature Helium Loop – HTHL*) de la République tchèque est conçue pour y réaliser des tests à effets séparés hors et en pile, offrant ainsi la souplesse voulue pour entreprendre des études dans lesquelles l'effet combiné d'un environnement gazeux à haute température et des rayonnements convient parfaitement, notamment dans le cas de la migration des produits de fission ou le comportement des matériaux à haute température.
6. Les plans concernant le HTTR et le HTHL conviennent tout à fait aux initiatives à court terme, notamment dans le cas des propositions qui pourraient aboutir à fixer la teneur d'un programme expérimental en moins d'une année ou

deux. Suivant les pratiques en vigueur pour les projets communs de l'OCDE/AEN, de telles initiatives dépendent non seulement de la candidature d'un pays et d'une installation d'accueil, mais aussi du soutien coopératif des autres pays membres. L'appui de l'OCDE/AEN sera nécessaire pour instaurer de tels programmes.

7. Le Commissariat à l'énergie atomique (CEA) de France est encouragé à tenir au courant le CSIN et ses groupes de travail concernés de tout développement dans la conception de réacteurs à neutrons rapides refroidi au gaz (RNR-G) et de toutes les avancées analytiques et expérimentales visant à étayer un tel développement, y compris les projets de programmes expérimentaux spécifiques, au besoin. Plus particulièrement, le CEA devrait fournir des mises à jour des plans à long terme pour le RNR-G de démonstration ALLÉGRO vers lequel tous les efforts communs internationaux pourraient bien converger à long terme (soit environ dix ans).

Recommandations spécifiques pour les réacteurs rapides au sodium

8. Les membres du groupe TAREF ont convenu que les principaux besoins en R-D eu égard aux nouveaux projets de RRS portent sur les points techniques suivants par ordre de priorité : la sûreté de combustible et les accidents graves sont de toute première importance, vu le manque de connaissances sur la nouvelle conception des aiguilles de combustibles et les nouveaux matériaux connexes ; la seconde priorité regroupe la thermique des fluides caloporteurs et la physique du cœur dans la mesure où les connaissances actuelles sont considérées comme à peu près suffisantes, lorsque les marges d'incertitude sont prises en compte ; enfin, les risques liés au sodium et l'intégrité des structures formeraient la troisième priorité, étant donné qu'ils relèvent davantage de la conception.
9. Les besoins relatifs aux capacités d'irradiation des aiguilles de combustible dans des conditions représentatives d'un flux de neutrons rapides ont été reconnus comme hautement prioritaires en termes de sûreté.
10. À court terme, le réacteur surgénérateur expérimental à neutrons rapides (*Fast Breeder Test Reactor – FBTR*) de l'Inde pourrait s'avérer une ressource précieuse pour irradier les aiguilles de combustible des RRS et produire de nouvelles données. Aux États-Unis, le réacteur de recherche à cœur annulaire (*Annular Core Research Reactor – ACRR*) pourrait être utilisé pour traiter les questions touchant la sûreté du combustible et les accidents graves dans des conditions spécifiques. Par ailleurs, l'installation KASOLA d'Allemagne pourrait apporter des données complémentaires sur la thermique des fluides caloporteurs d'après ce qui ressort des démarches de modélisation informatisée pour la dynamique des fluides. Par ailleurs, l'installation SWAT-1R-3R,



Le réacteur expérimental technique japonais à haute température (HTTR).

JAEA

au Japon, pourrait servir aussi à étudier l'interaction du sodium avec l'eau dans les générateurs de vapeur et l'installation SFTF d'essais sur les feux de sodium, en Inde, pourrait apporter une aide précieuse pour aborder plusieurs questions liées aux feux de sodium, tandis que l'installation SURTSEY des Laboratoires Sandia, aux États-Unis, pourrait être très utile pour étudier les feux de sodium et l'interaction du sodium avec l'eau dans les générateurs de vapeur.

11. À moyen terme, le réacteur JOYO à neutrons rapides, au Japon, a été jugé approprié pour étudier les questions de sûreté relatives aux nouvelles conceptions d'aiguilles de combustible (rendement des aiguilles sous irradiation, marge par rapport à la fusion du combustible et impact des actinides mineurs), entre autres ; toutefois, l'incertitude persiste, dans la mesure où la décision n'a pas encore été prise concernant les réparations possibles et le calendrier d'exploitation. Les questions concernant les accidents graves ne peuvent être traitées en détail qu'à moyen ou long terme, vu le manque d'installations disponibles pour simuler des conditions de transitoires à court terme avec des aiguilles de combustible irradiées. L'utilisation du réacteur graphite à impulsions (*impulse graphite reactor* – IGR) au Kazakhstan en soutien aux programmes de l'Agence japonaise JAEA et traitant actuellement le combustible frais (déplacement contrôlé du combustible fondu et formation d'un lit de débris) pourrait s'avérer une solution envisageable à moyen terme puisque des projets sont à l'étude en vue d'y tester du combustible irradié. En France, l'installation VULCANO peut aussi aider à traiter les questions d'accidents graves, à condition d'être convertie au sodium. Aux États-Unis, le réacteur TREAT a aussi été considéré comme apte à moyen terme pour investiguer les questions d'accidents graves (programmes expérimentaux antérieurs de simulation des transitoires de puissance), mais la décision de le redémarrer n'est attendue qu'en 2010. Par ailleurs, le réacteur MASURCA, en France, pourrait être utilisé dans le domaine de la physique des réacteurs afin de fournir de meilleures données nucléaires sur les matériaux du cœur (par rapport aux hauts taux de combustion et à l'utilisation des actinides mineurs) et sur des incertitudes connexes.
12. À long terme, le prototype français de RRS, ASTRID, offrira certaines capacités d'irradiation et pourraient servir à y étudier surtout les questions de comportement du combustible (nouveaux tests de matériaux de gainage et impact des actinides mineurs dans des conditions de flux rapide) bien qu'il ait été conçu au départ comme prototype industriel à transposer comme futur réacteur commercial. Le réacteur français Jules Horowitz (RJH), qui a été conçu pour tester des matériaux et qui est maintenant en construction, pourrait servir à étudier les questions de

la sûreté du combustible (le comportement des nouveaux matériaux sous irradiation, l'impact de l'utilisation d'actinides mineurs et de transitoires lents dans des conditions spécifiques). On prévoit qu'il sera disponible entre 2017 et 2020 pour y effectuer les premiers tests. Par ailleurs, les membres du groupe ont reconnu le réacteur expérimental français CABRI comme l'installation la plus appropriée pour mieux comprendre le comportement du combustible irradié dans des conditions d'exploitation et d'accident (questions de sûreté du combustible, comme les marges avant la fusion du combustible et les défaillances déterministes d'aiguilles, les questions d'accidents graves, telles que les conséquences de divers accidents entraînant la fusion du combustible, assortie des conséquences correspondantes et du risque d'événements critiques et de libérations d'énergie). L'installation pourrait se prêter à des tests à partir de 2020, une fois que les programmes de recherche sur la sûreté des réacteurs à eau légère (REL) seront terminés. Dans le cas de la conception novatrice de circuits secondaires, l'installation LIFUS-5, en Italie, pourrait traiter des interactions du sodium avec d'autres types de caloporteur.

En dernier lieu, il est recommandé d'encourager les groupes pertinents du CSIN à partager les informations de modélisation et de discuter des activités afférentes qui intéressent la sûreté des RRG et RRS afin de contribuer à centrer les programmes d'essai potentiels et à améliorer l'utilisation des données pour l'élaboration des modèles. De même, il est recommandé que le CSIN maintienne un niveau approprié d'échanges avec le CNAR concernant les besoins et les initiatives liés aux domaines de sûreté des RRG et des RRS.

Projets communs de l'OCDE/AEN

Suite aux résultats de l'activité du TAREF, un projet commun de l'OCDE/AEN a été proposé par l'Agence japonaise de l'énergie atomique (*Japan Atomic Energy Agency* – JAEA) qui s'emploie actuellement à le mettre au point. Ses objectifs sont de mener un essai à grande échelle de perte de circulation forcée dans le réacteur HTTR de la JAEA dans le but d'examiner les caractéristiques de sûreté du réacteur à haute température refroidi au gaz (*high-temperature gas-cooled reactor* – HTGR) à l'appui des activités de réglementation et de fournir des données utiles pour valider les codes de calcul et améliorer la précision des simulations. Le comportement du réacteur dans les conditions d'accident envisagées dans les PIRT établies par la USNRC sera examiné dans le présent projet.

On s'attend à ce que d'autres projets communs de l'OCDE/AEN soient lancés à partir des recommandations découlant de l'activité du groupe TAREF. Plus particulièrement, les projets communs traitant les questions de sûreté de toute première priorité des RRS pourraient commencer dans moins de deux à trois ans.

10^e session de l'École internationale de droit nucléaire

par S. Kuş*

Cet été, du 23 août au 3 septembre 2010, l'Agence de l'OCDE pour l'énergie nucléaire organise en coopération avec l'Université Montpellier 1 la session du 10^e anniversaire de l'École internationale de droit nucléaire (EIDN).

Au cours des neuf dernières années, l'EIDN a formé plus de 500 participants originaires des quatre coins du monde, dont beaucoup sont toujours actifs dans le domaine nucléaire. Chaque session réunit entre 55 et 60 participants de pays développés et de pays en développement afin de prendre part à un programme intensif de formation théorique et pratique dans le Sud de la France, dans le cadre de l'une des plus anciennes facultés de droit en Europe.

L'idée de créer l'école a été le résultat de nombreux facteurs, particulièrement le fait que l'enseignement du droit nucléaire, même dans les pays disposant d'importants programmes d'énergie nucléaire, reste pratiquement inexistant. Les universités n'y portaient qu'un intérêt très limité et les institutions nucléaires, tant publiques que privées, n'ont pas pris d'initiatives visant à combler ce manque. M. Patrick Reyners, à l'époque chef des Affaires juridiques de l'AEN, a proposé d'établir un programme éducatif dans ce domaine avec plusieurs collègues ; il a été encouragé par la direction de l'AEN à mettre en place une telle institution en lien avec une université. Depuis 2001, l'AEN a organisé des sessions annuelles en coopération avec l'Université Montpellier 1. Dès le début, M. Reyners et Mme Odette Jankowitsch-Prevor, ancien juriste principal à l'Agence internationale de l'énergie atomique, ont rempli les rôles tant de tuteurs que de professeurs à l'école, en guidant les participants aux sessions avec à la fois patience et bonne humeur. En 2011, ils confieront cette tâche à d'autres personnes, mais l'AEN restera reconnaissante pour le temps, l'énergie et le dévouement qu'ils ont consacré à cette importante activité.

Le cours de deux semaines a lieu chaque année à peu près à la même période (fin août/début septembre). Des spécialistes de grande renommée donnent des conférences en anglais, sur pratiquement tous les aspects du droit nucléaire international, à savoir les institutions internationales ; la protection contre les rayonnements ionisants ; la sûreté nucléaire et la gestion des accidents nucléaires ; la non-prolifération des armes nucléaires et les garanties ; la sécurité nucléaire ; le transports des matières et du combustible nucléaires ; la gestion du combustible usé et des déchets radioactifs ; la responsabilité, l'indemnisation et l'assurance des dommages nucléaires ; la protection de l'environnement et le commerce international des matières et équi-

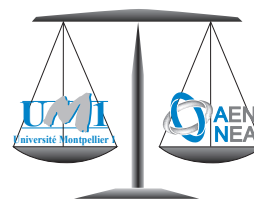
pements nucléaires. En outre, les participants sont encouragés à s'engager pleinement dans les séances de questions/réponses suivant chaque conférence et sont répartis en petits groupes pour examiner les différentes études de cas qui leurs sont présentés dans le cadre de la plupart des sujets abordés.

Au fil des années, le cours a évolué et de nouveaux éléments ont été intégrés au programme. Par exemple, à la fois la réponse à la menace de terrorisme nucléaire et l'impact des lois environnementales sur les activités nucléaires ont été intégrés au cours des dernières années. En outre, la conférence de clôture de chaque session inclut un invité spécial qui s'adresse aux participants sur un sujet spécifique d'actualité, tel que les initiatives mondiales visant à la non-prolifération des armes nucléaires ou les conséquences juridiques de l'engagement dans un programme d'énergie nucléaire pour la première fois.

À la suite de chaque session, un programme diplômant optionnel peut être poursuivi par les candidats, ce qui constitue une occasion idéale pour les professionnels d'acquérir un diplôme universitaire dans ce domaine hautement spécialisé. Indépendamment de son rôle d'enseignement, l'école est également un forum qui permet aux participants de rencontrer des collègues professionnels et universitaires du monde entier dans une ambiance conviviale. Après les sessions, les participants profitent habituellement des opportunités de coopération et des réseaux proposés par l'EIDN pour rester en contact dans le cadre des activités professionnelles et des réseaux sociaux. L'AEN facilite la communication entre tous les anciens participants en maintenant à jour leurs coordonnées dans la base de données des Anciens de l'EIDN.

Afin de célébrer le 10^e anniversaire de l'EIDN, l'AEN consacre une publication spéciale à l'école, contenant des textes de spécialistes qui reflètent le programme d'enseignement de l'EIDN dans les différents domaines du droit nucléaire international.

Plus d'informations sont disponibles sur www.nea.fr/law/isnl/.



* Mlle Selma Kuş (selma.kus@oecd.org) est conseillère juridique dans la Section des affaires juridiques de l'AEN.

L'énergie nucléaire dans les pays membres de l'AEN

Situation et prévisions au 31 décembre 2009

À la fin de 2009, la puissance nucléaire installée totale correspondant au parc actuel de 340 réacteurs connectés au réseau dans les pays membres s'élevait à 308,8 gigawatts électriques (GWe). À ce parc s'ajoutaient 14 réacteurs totalisant 14,6 GWe en construction, et 24 réacteurs totalisant 31,2 GWe faisaient

l'objet de commandes fermes. Ces données préliminaires et autres statistiques concernant les capacités et les besoins liés au cycle du combustible figurent dans la dernière édition des *Données sur l'énergie nucléaire*, qui propose également des rapports nationaux succincts sur les tendances et les enjeux actuels.

Puissance nucléaire installée (en GWe nets) et pourcentage de la puissance totale (a)

Pays	2009		2010		2020		2030	
	Nucléaire	%	Nucléaire	%	Nucléaire	%	Nucléaire	%
Allemagne	20.4	13.8 (b)	20.4	15.8 - 15.2	3.5	2.6 - 2.4	0.0	0.0 - 0.0
Belgique (c)	5.9	36.9	5.9	34.3 - 33.7	5.9 - 6.0	26.8 - 22.2	0.0 - 5.9	0.0 - 19.7
Canada	12.1	10.3 (b)	11.4 - 13.6	9.6 - N/A	11.4 - 15.3	8.7 - N/A	N/A	N/A
Corée	17.7	24.1	18.7	24.6	30.9	30.9	42.7	40.6
Espagne	7.4	7.6	7.4	7.5	6.9	5.4	N/A	N/A
États-Unis	100.8	10.0	101.6	9.7	110.9 - 112.6	10.7 - 10.4	110.9 - 126.7	10.2 - 10.9
Finlande	2.7	21.4	2.7	21.4	4.3	29.9	3.8	29.0
France	63.1	52.5	63.1	52.1 - 51.7	66.3	N/A	N/A	N/A
Hongrie	1.9	21.7	1.9	23.0 - 21.9	1.9	21.5 - 17.2	1.9	21.0 - 17.4
Japon (d, e)	47.0	19.7 (b)	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Mexique	1.4	2.7	1.4 - 1.6	N/A	N/A - 1.6	N/A	N/A - 1.6	N/A
Pays-Bas	0.5	1.9	0.5	1.8	0.5	1.4	0.5	1.4 - 1.2
République slovaque	1.7	25.4	1.8	25.0	2.8 - 4.3	35.0 - 40.6	2.9 - 4.3	30.2 - 35.0
République tchèque	3.6	19.7	3.7 - 3.8	19.8 - 20.4	3.8 - 5.9	20.8 - 30.7	7.4	37.6 - 36.5
Royaume-Uni (b)	10.1	12.6	10.5	11.9 - 11.8	4.4 - 5.8	5.0 - 6.5	N/A	N/A
Suède	9.3	26.7	10.1 - N/A	N/A	10.1 - N/A	N/A	10.1 - N/A	N/A
Suisse (b)	3.2	18.7	3.2 - N/A	18.7 - N/A	3.2 - N/A	17.7 - N/A	3.9 - N/A	20.7 - N/A
Total/moyenne	308.8	12.9	-	-	-	-	-	-

(a) Y compris l'électricité produite par les autoproducteurs sauf indication contraire.

(b) Données provisoires.

(c) Selon la loi, les centrales nucléaires belges doivent être mises hors service après 40 ans de fonctionnement, à l'exception des trois plus

anciennes de la flotte (Doel 1 et 2 et Tihange 1) qui ont obtenu une prolongation unique de 10 ans.

(d) Pour l'exercice financier.

(e) Données brutes converties en chiffres nets par le Secrétariat.

N/A Non disponible.

État du parc électronucléaire et puissance (en GWe nets)

Pays	Raccordées au réseau		En construction		En commande ferme*		Projet de mise hors service**	
	Tranches	Puissance	Tranches	Puissance	Tranches	Puissance	Tranches	Puissance
Allemagne	17	20.4	-	-	-	-	6	6.1
Belgique	7	5.9	-	-	-	-	-	-
Canada	17 (a)	12.1	-	-	-	-	-	-
Corée	20	17.7	6	6.5	2	2.7	-	-
Espagne	8	7.4	-	-	-	-	-	-
États-Unis	104	100.8	1 (b)	1.2	9	11.0	-	-
Finlande	4	2.7	1	1.6	-	-	-	-
France	58	63.1	1	1.6	1	1.6	-	-
Hongrie	4	1.9	-	-	-	-	-	-
Japon (e)	54	47.0	3	2.9	12	15.9	-	-
Mexique	2	1.4	-	-	-	-	-	-
Pays-Bas	1	0.5	-	-	-	-	-	-
République slovaque	4	1.7	2 (d)	0.8	-	-	-	-
République tchèque	6	3.6	-	-	-	-	-	-
Royaume-Uni (c)	19	10.1	-	-	-	-	4	1.4
Suède	10	9.3	-	-	-	-	-	-
Suisse	5	3.2	-	-	-	-	-	-
Total	340	308.8	14	14.6	24	31.2	12	8.0

(a) Ne comprend pas les trois centrales actuellement en réfection (Point Lepreau et les tranches 1 et 2 de Bruce A).

(b) La construction de la tranche 2 de Watts Bar a repris.

(c) Données provisoires.

(d) La construction des tranches 3 et 4 de la centrale de Mochovce a repris.

(e) Données brutes converties en chiffres nets par le Secrétariat.

* Centrales pour lesquelles des sites ont été retenus et des contrats obtenus.

** La mise hors service de ces centrales est prévue d'ici à la fin de 2013.

Nouvelles publications

Information générale

Generation IV International Forum ^{vo}

^{vo} = En anglais seulement.

Proceedings, GIF Symposium, Paris, France, 9-10 September 2009

ISBN 978-92-64-99115-6. 296 pages. Gratuit : versions papier ou web.

The Generation IV International Forum (GIF), initiated in 2000, is an international co-operative endeavour organised to carry out the research and development (R&D) needed to establish the feasibility and performance capabilities of the next-generation nuclear energy systems. Eight ambitious goals have been defined for Generation IV systems in four main areas: sustainability, economics, safety and reliability, and proliferation resistance and physical protection. They are shared by a large number of countries as they aim at responding to the economic, environmental and social requirements of the 21st century. These goals provided the basis for identifying and selecting six nuclear energy systems for further development. The six systems selected employ a variety of reactor, energy conversion and fuel cycle technologies. Their designs feature thermal and fast neutron spectra, closed and open fuel cycles and a wide range of reactor sizes from very small to very large. To increase the visibility of the technical work performed to date under the GIF, it was decided to hold a GIF Symposium in September 2009 open to the wider Generation IV scientific and industrial community. The objective of this first GIF Symposium was to provide a well-documented overview of the initiative and an opportunity to examine the most significant technical progress and evolution in the different areas since the Forum's inception.

L'énergie nucléaire et le changement climatique

Brochure. 8 pages. Gratuit : versions papier ou web.

Nuclear Energy Technology Roadmap ^{vo}

Brochure. 48 pages. Gratuit : versions papier ou web.

This nuclear energy roadmap has been prepared jointly by the International Energy Agency (IEA) and the OECD Nuclear Energy Agency (NEA). Unlike most other low-carbon energy sources, nuclear energy is a mature technology that has been in use for more than 50 years. The latest designs for nuclear power plants build on this experience to offer enhanced safety and performance, and are ready for wider deployment over the next few years. Several countries are reactivating dormant nuclear programmes, while others are considering nuclear for the first time. In the longer term, there is great potential for new developments in nuclear energy technology to enhance the role of nuclear power in a sustainable energy future.

Rapport annuel 2009

ISBN 978-92-64-99127-9. 52 pages. Gratuit : versions papier ou web.

Aspects économiques et techniques du cycle du combustible nucléaire

Coûts prévisionnels de production de l'électricité

Édition 2010

ISBN 978-92-64-08432-2. 232 pages. Prix : € 70, US\$ 98, £ 63, ¥ 9 100.

Ce rapport conjoint de l'Agence internationale de l'énergie (AIE) et de l'Agence de l'OCDE pour l'énergie nucléaire (AEN) est la septième d'une série d'études consacrées aux coûts de production d'électricité. Elle présente les données les plus récentes disponibles sur un large éventail d'énergies et de technologies, notamment le

charbon et le gaz (avec et sans capture du carbone), le nucléaire, l'hydro-électrique, l'éolien (à terre et en mer), la biomasse, le solaire, l'énergie des vagues et l'énergie marémotrice, ainsi que la production combinée de chaleur et d'électricité. Elle indique les coûts moyens actualisés de l'électricité (LCOE, *levelised costs of electricity*) par MWe pour près de 200 centrales, sur la base de données couvrant 21 pays (dont quatre pays importants non-membres de l'OCDE), ainsi que plusieurs sociétés industrielles et organisations. Pour la première fois, le rapport contient une analyse de sensibilité approfondie de l'impact sur le LCOE de la variation des principaux paramètres, tels les taux d'actualisation, les prix des énergies et les coûts du carbone. D'autres impacts sur les choix en matière de production d'électricité sont également étudiés. L'étude montre que la compétitivité des différentes technologies de production d'électricité dépend d'un certain nombre de facteurs qui peuvent varier d'un pays, voire d'une zone géographique à l'autre. Les lecteurs trouveront tous les détails et des analyses complètes, étayées par plus de 130 illustrations et tableaux, dans ce rapport qui devrait constituer un outil précieux pour les décideurs et les chercheurs intéressés par les politiques énergétiques et le changement climatique.

Le financement des centrales nucléaires

ISBN 978-92-64-07923-6. 70 pages. Prix : € 30, US\$ 40, £ 25, ¥ 3 700.

De nombreux pays en sont venus à reconnaître qu'un plus grand recours à l'énergie nucléaire pourrait contribuer utilement à réduire les émissions de dioxyde de carbone. Cependant, compte tenu des coûts élevés d'investissement et de la complexité des centrales nucléaires, le financement de leur construction reste souvent un défi de taille. Cela est particulièrement vrai lorsque ces financements sont laissés au secteur privé dans un contexte de concurrence des marchés de l'électricité. Cette étude examine les risques financiers qu'implique l'investissement dans une nouvelle centrale nucléaire, les moyens de les atténuer et les façons de structurer les projets de telle sorte que les risques résiduels soient pris par ceux qui sont les plus à même de les gérer. Compte tenu du fait que l'expansion des programmes nucléaires exigera des aides substantielles et durables des pouvoirs publics, l'étude met en avant le rôle que peuvent jouer les États pour faciliter et encourager les investissements dans de nouvelles capacités de production.

L'opinion publique et l'énergie nucléaire

ISBN 978-92-64-99112-5. 60 pages. Gratuit : versions papier ou web.

Les réactions du public face à l'énergie nucléaire sont fondamentales pour la détermination des politiques nucléaires dans les pays de l'OCDE/AEN, et ces derniers ne pourront faire appel à cette source d'énergie que si un public éclairé estime que ses avantages l'emportent sur ses risques. Ce rapport offre un certain nombre d'enseignements concernant les réactions du public face à l'énergie nucléaire. Il existe d'ordinaire une corrélation entre l'adhésion au nucléaire et le niveau d'expérience et de connaissance de l'électronucléaire. Il est intéressant de noter que le public est généralement conscient de la contribution de l'électronucléaire à la sécurité des approvisionnements énergétiques, mais il se rend moins compte de sa contribution potentielle à la lutte contre le changement climatique. Une solution au problème du stockage définitif des déchets aurait aussi pour effet de renforcer notablement le niveau de soutien. Par ailleurs, les gouvernements des pays de l'OCDE/AEN voudront peut-être réfléchir soigneusement à l'attitude à adopter face à ces résultats car, d'après les sondages, ils représentent la source d'informations sur les questions énergétiques la moins fiable, loin derrière les autorités de sûreté, les organisations non gouvernementales et les scientifiques.

Sûreté et réglementation nucléaires

Avis techniques du CSIN – n° 12

Recherches sur le facteur humain dans les nouvelles centrales nucléaires

ISBN 978-92-64-99117-0. 44 pages. Gratuit : versions papier ou web.

Le secteur nucléaire connaît actuellement une phase dynamique. La modernisation des salles de commande des centrales prend diverses formes. De nouveaux réacteurs sont construits dans de nombreux pays. Des modèles avancés sont conçus dans le cadre de la coopération internationale afin d'assurer la production d'électricité au cours des prochaines décennies. Les nouveaux concepts et technologies étudiés dans ce contexte peuvent avoir un impact sur le rôle des exploitants de centrales et par conséquent sur la sûreté. Il est donc important d'évaluer et de comprendre ces incidences potentielles, qu'elles soient positives ou négatives. Dans cet avis technique, le Comité de l'AEN sur la sûreté des installations nucléaires (CSIN) a cherché à identifier un ensemble de sujets de recherche à étudier pour la connaissance des facteurs humains et organisationnels concernés. Les recherches menées sur les sujets décrits devront fournir les connaissances techniques qui permettront de tirer parti des nouvelles technologies et d'en réduire le plus possible les éventuels effets négatifs. Cet avis présentera un intérêt particulier pour les établissements de recherche et les autres acteurs (autorités de sûreté, organisations internationales et entreprises industrielles) susceptibles de contribuer à ces recherches et d'en bénéficier.

Experimental Facilities for Gas-cooled Reactor Safety Studies ^{vo}

Task Group on Advanced Reactor Experimental Facilities (TAREF)

ISBN 978-92-64-99110-1. 88 pages. Gratuit : versions papier ou web.

This report provides an overview of experimental facilities that can be used to carry out nuclear safety research for gas-cooled reactors and identifies priorities for organising international co-operative programmes at selected facilities. The information has been collected and analysed by a Task Group on Advanced Reactor Experimental Facilities (TAREF) as part of an ongoing initiative of the NEA Committee on the Safety of Nuclear Installations (CSNI) which aims to define and to implement a strategy for the efficient utilisation of facilities and resources for Generation IV reactor systems.

Experiments and CFD Code Application to Nuclear Reactor Safety (XCFD4NRS) ^{vo}

Workshop Proceedings, Grenoble, France, 10-12 September 2008

Gratuit : CD-ROM ou web.

Computational fluid dynamics (CFD) is to an increasing extent being adopted in nuclear reactor safety (NRS) analyses as a tool that enables a better description of specific safety-relevant phenomena occurring in nuclear reactors. The NEA Committee on the Safety of Nuclear Installations (CSNI) has in recent years conducted important activities in the CFD area, including the organisation of two workshops. The “XCFD4NRS” workshop was the second in the series and was held in Grenoble, France in September 2008. A total of 147 experts from 22 countries took part. These proceedings contain the five keynote lectures, summaries of the activities of three CFD writing groups and the 59 technical papers presented at the workshop.

Nuclear Fuel Behaviour under Reactivity-initiated Accident (RIA) Conditions ^{vo}

State-of-the-art Report

ISBN 978-92-64-99113-2. 208 pages. Gratuit : versions papier ou web.

Considerable experimental and analytical work has been performed in recent years which has led to a broader and deeper understanding of phenomena related to reactivity-initiated accidents (RIAs). Further, newly designed fuels – such as mixed-oxide (MOX) fuel and rods with new cladding – have been introduced which might behave differently than those used previously, both under normal operating conditions and during transients. Compared with 20 years ago, fuel burn-up has been significantly increased. These and other factors have led the NEA Committee on the Safety of Nuclear Installations (CSNI) and its Working Group on Fuel Safety to produce this state-of-the-art report. The report should be of particular interest to nuclear safety regulators, nuclear plant operators and fuel researchers.

Gestion des déchets radioactifs

Au-delà des seules réalités concrètes : la dimension symbolique de la gestion des déchets radioactifs

ISBN 978-92-64-99106-4. 40 pages. Gratuit : versions papier ou web.

Les concepts clés de la gestion des déchets radioactifs, tels la sûreté, le risque, la réversibilité et la récupérabilité, ont des connotations différentes pour la communauté scientifique et pour les parties prenantes de formation non technique. De manière similaire, des concepts socio-économiques, dont la communauté, le paysage et les avantages sociaux, sont interprétés différemment suivant les groupes sociaux. Les opinions et les comportements ne sont pas simplement une image fidèle de la prise de décision, des événements réels et des messages communiqués ; la perception et l'interprétation des événements et des objets jouent aussi un rôle. Ce rapport présente les questions clés et des exemples permettant de développer la prise de conscience de l'importance des symboles et du symbolisme dans la communication sur les perceptions et les interprétations. Il accentue le constat que la communication entre les parties prenantes est modelée par des dimensions qui vont au-delà du sens commun et sont fondées sur les traditions et les conventions sociales. Une meilleure compréhension de ces réalités moins évidentes ou flagrantes devrait aider à trouver des moyens additionnels pour créer des relations constructives entre les parties prenantes.

Cost Estimation for Decommissioning ^{vo}

An International Overview of Cost Elements, Estimation Practices and Reporting Requirements

ISBN 978-92-64-99133-0. 80 pages. Free: paper or web.

This report is based on a study carried out by the NEA Decommissioning Cost Estimation Group (DCEG) on decommissioning cost elements, estimation practices and reporting requirements. Its findings indicate that

cost methodologies need to be updated continuously using cost data from actual decommissioning projects and hence, systematic approaches need to be implemented to collect these data. The study also concludes that changes in project scope may have the greatest impact on project costs. Such changes must therefore be identified immediately and incorporated into the estimate. Finally, the report notes that more needs to be done to facilitate the comparison of estimates, for example by providing a reporting template for national estimates.

Decommissioning Considerations for New Nuclear Power Plants

ISBN 978-92-64-99132-3. 16 pages. Free: paper or web.

Experience from decommissioning projects suggests that the decommissioning of nuclear power plants could be made easier if this aspect received greater consideration at the design stage and during operation of the plants. Better forward planning for decommissioning results in lower worker doses and reduced costs. When appropriate design measures are not taken at an early stage, their introduction later in the project becomes increasingly difficult. Hence, their early consideration may lead to smoother and more effective decommissioning operations. This report provides an overview of key decommissioning issues which are useful to consider when designing new nuclear power plants.

Démantèlement des installations nucléaires

C'est possible et cela a été fait

Brochure. 8 pages. Gratuit : versions papier ou web.

Il Decommissioning degli Impianti Nucleari

Si può, ed è stato fatto

Brochure. 8 pages. Gratuit : versions papier ou web.

Intégration du retour d'expérience du démantèlement à la conception et l'exploitation des futures centrales nucléaires

ISBN 978-92-64-99130-9. 68 pages. Gratuit : version web seulement.

L'expérience des projets de démantèlement de centrales nucléaires laisse entendre que l'on pourrait simplifier ces opérations si l'on y accordait davantage d'attention au moment de la conception ou pendant l'exploitation de l'installation. Mieux planifier le démantèlement est en effet synonyme de doses réduites et de moindres coûts. Or les adaptations de la conception qui n'ont pas été effectuées dès l'origine sont difficiles à introduire ultérieurement. C'est pourquoi, leur prise en compte précoce est gage d'un démantèlement plus facile et plus efficace. Il est dorénavant de pratique courante de produire un plan de démantèlement préliminaire avec la demande d'autorisation d'exploitation d'une centrale nucléaire. Cela signifie que les questions de démantèlement sont prises en compte pendant la conception. Toutefois, si les dispositions de conception adoptées pour l'exploitation et la maintenance améliorent souvent les conditions de démantèlement aussi, les concepteurs doivent également considérer les aspects spécifiques à ces opérations, établir des séquences d'opérations de démantèlement et prévoir des voies d'évacuation adaptées par exemple. Ce rapport approfondit ces questions et bien d'autres encore.

Optimisation des stockages géologiques de déchets radioactifs

Recommandations nationales et internationales et futurs thèmes de discussions

ISBN 978-92-64-99108-8. 36 pages. Gratuit : versions papier ou web.

Alors que les programmes nationaux de stockage géologique progressent vers leur mise en œuvre, le concept d'« optimisation » et les exigences réglementaires associées suscitent une attention accrue. Les échanges au sein des groupes d'experts de l'AEN ont montré que les régulateurs et les maîtres d'ouvrage pourraient ensemble tirer bénéfice d'un examen des concepts applicables ainsi que des recommandations et de l'expérience disponibles. Ce rapport récapitule et examine les concepts qui concernent l'« optimisation » des systèmes de stockage géologique tels qu'ils sont mis en avant dans les textes réglementaires nationaux et les recommandations internationales. Il présente également un certain nombre d'observations et de questions clés. De façon générale, il montre que, lorsque l'on traite de l'optimisation, il existe des marges substantielles pour clarifier les concepts, les faits et les options ainsi que pour s'assurer que les textes réglementaires sont suffisamment précis et applicables. L'objectif de ce rapport est de servir de base de discussions parmi et au delà des comités et des groupes d'experts de l'AEN.

Partenariats pour la gestion à long terme des déchets radioactifs

Évolution et pratique actuelle dans treize pays

ISBN 978-92-64-08371-4. 150 pages. Prix : € 45, US\$ 63, £ 40, ¥ 5 800.

Les programmes nationaux de gestion des déchets radioactifs se trouvent à des phases diverses dans la recherche de sites d'implantation d'installations et se fondent sur des approches techniques distinctes adap-

tées aux différentes catégories de déchets. Dans tous les cas, il est nécessaire que les acteurs institutionnels et la communauté d'accueil, actuelle ou potentielle, établissent entre eux une relation sérieuse et viable. Les formules de partenariat permettent de réaliser un équilibre entre les exigences d'une représentation équitable et d'une participation éclairée. Avec l'appui de la communauté d'accueil, elles contribuent également à l'association souhaitable d'un site et d'un concept de gestion pouvant être autorisés au plan réglementaire ainsi qu'à un bon équilibre entre l'octroi de compensations, le contrôle local et les possibilités de développement. Ce rapport présente les informations les plus récentes sur les expériences de partenariat avec les communautés d'accueil dans 13 pays. Les caractéristiques, les avantages et les objectifs de telles formules de partenariat y sont décrits ainsi que l'évolution du concept sur les dix dernières années.

Réglementation et lignes directrices pour l'évacuation des déchets radioactifs en formation géologique

Revue de la littérature et des initiatives de la dernière décennie

ISBN 978-92-64-99121-7. 40 pages. Gratuit : version web uniquement.

Self-sealing of Fractures in Argillaceous Formations in the Context of Geological Disposal of Radioactive Waste ^{VO}

Review and Synthesis

ISBN 978-92-64-99095-1. 312 pages. Free: paper or web.

Disposal of high-level radioactive waste and spent nuclear fuel in engineered facilities, or repositories, located deep underground in suitable geological formations is being developed worldwide as the reference solution to protect humans and the environment both now and in the future. Assessing the long-term safety of geological disposal requires developing a comprehensive understanding of the geological environment. The transport pathways are key to this understanding. Of particular interest are fractures in the host rock, which may be either naturally occurring or induced, for example, during the construction of engineered portions of a repository. Such fractures could provide pathways for migration of contaminants. In argillaceous (clay) formations, there is evidence that, over time, fractures can become less conductive and eventually hydraulically insignificant. This process is commonly termed "self-sealing". The capacity for self-sealing relates directly to the function of clay host rocks as migration barriers and, consequently, to the safety of deep repositories in those geological settings. This report – conducted under the auspices of the NEA Clay Club – reviews the evidence and mechanisms for self-sealing properties of clays and evaluates their relevance to geological disposal. Results from laboratory tests, field investigations and geological analogues are considered. The evidence shows that, for many types of argillaceous formations, the understanding of self-sealing has progressed to a level that could justify its inclusion in performance assessments for geological repositories.

Stockage des déchets radioactifs et territoires d'accueil : envisager l'avenir ensemble

Synthèse de l'atelier du FSC et des rencontres avec les collectivités locales, Bar-le-Duc, France, 7-9 avril 2009

ISBN 978-92-64-99129-3. 60 pages. Gratuit : versions papier ou web.

La thématique de ce 7^e atelier du Forum sur la confiance des parties prenantes (FSC) concernait la mise en œuvre du programme français de gestion des déchets de haute activité et de moyenne activité à vie longue. Au cours des différentes sessions, ont été abordés le contexte historique et législatif français, l'information du public, la réversibilité, la surveillance de l'environnement ainsi que la conservation de la mémoire. Des représentants des collectivités locales et régionales, des représentants d'organisations de la société civile, des universités, des agences de gestion des déchets et des délégués de 13 pays y ont participé. Ce rapport présente une synthèse des délibérations de l'atelier.

Towards Transparent, Proportionate and Deliverable Regulation for Geological Disposal ^{VO}

Workshop Proceedings, Tokyo, Japan, 20-22 January 2009

ISBN 978-92-64-06092-0. 196 pages. Prix : € 65, US\$ 91, £ 58, ¥ 8 400.

As part of its activities, the Regulators' Forum of the NEA Radioactive Waste Management Committee has been examining the regulatory criteria for the long-term performance of geological disposal. In this context, it organised a workshop entitled "Towards Transparent, Proportionate and Deliverable Regulation for Geological Disposal", which served to verify current status and needs. Participants included regulators, implementers, policy makers, R&D specialists and academics. Themes addressed included duties to future generations,

timescales for regulation, stepwise decision making, roles of optimisation and best available techniques (BAT), multiple lines of reasoning, safety and performance indicators, recognition of uncertainties and the importance of stakeholder interactions. The workshop highlighted the significant amount of work accomplished over the past decade, but also identified important differences between national regulations even if these are not in contradiction with international guidance. Also highlighted was the importance of R&D carried out on behalf of the regulator. In addition to the contributed papers, these proceedings trace the numerous discussions that formed an integral part of the workshop. They constitute an important and unique documentary basis for researchers and radioactive waste management specialists.

Vers une harmonisation des estimations des coûts du déclassé

ISBN 978-92-64-99094-4. 16 pages. Gratuit : versions papier ou web.

À l'heure actuelle, on observe une variabilité considérable dans le format, le contenu et les pratiques d'estimation des coûts, que ce soit à l'intérieur d'un même pays ou lorsque l'on franchit les frontières. Les comparaisons sont, de ce fait, extrêmement difficiles, même entre installations du même type. Les exigences de la réglementation sont principalement responsables de ces disparités, ainsi que les habitudes et pratiques historiques. Elles se répercutent sur les hypothèses de base, telles que la stratégie de démantèlement prévue et l'état final du site, mais aussi sur les méthodes de traitement des aléas. Il sera sans doute difficile d'harmoniser les approches nationales des estimations des coûts. On peut du moins recommander une structure et une présentation standard de nature à accentuer la confiance que l'autorité de contrôle et les parties prenantes pourront accorder aux estimations et aux calendriers de dépenses. Cette brochure présente les conclusions du groupe d'estimation des coûts du démantèlement (DCEG), qui a récemment étudié la façon dont étaient estimés les coûts dans 12 pays.

Protection radiologique

L'organisation du travail pour optimiser la radioprotection professionnelle dans les centrales nucléaires

ISBN 978-92-64-99134-7. 132 pages. Gratuit sur demande.

Depuis 1992, le Système d'information sur les expositions professionnelles [*Information System on Occupational Exposure* (ISOE)] a mis en place un forum pour les professionnels de la radioprotection des installations électronucléaires et les autorités de réglementation nationales du monde entier pour discuter, promouvoir et coordonner des opérations coopératives internationales en faveur de la radioprotection des travailleurs dans les centrales nucléaires. L'objectif d'ISOE est d'améliorer la gestion des expositions professionnelles dans les centrales nucléaires à travers l'échange de données, d'informations et d'expériences pertinentes sur les méthodes permettant d'optimiser la radioprotection professionnelle. Ce rapport sur l'organisation du travail constitue un guide pratique sur l'application des principes d'organisation du travail dans le cadre de l'optimisation de la radioprotection professionnelle. Il reconnaît que, bien que l'organisation du travail ne soit pas un concept nouveau, des efforts continus sont nécessaires pour maintenir un bon niveau de résultats, de performances et de tendances face aux défis actuels et futurs. Le but de ce rapport est donc de présenter les aspects essentiels de l'organisation du travail qui doivent être pris en compte par les personnels d'encadrement et d'exécution pour réduire les doses d'exposition ainsi que le temps et les coûts. Il s'appuie sur des exemples pratiques issus de la communauté ISOE. ISOE est coparrainé par l'Agence de l'OCDE pour l'énergie nucléaire (AEN) et l'Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA).

Occupational Exposures at Nuclear Power Plants

Eighteenth Annual Report of the ISOE Programme, 2008

ISBN 978-92-64-99131-6. 132 pages. Gratuit : versions papier ou web.

The Information System on Occupational Exposure (ISOE) was created by the OECD Nuclear Energy Agency in 1992 to promote and co-ordinate international co-operative undertakings in the area of occupational radiological protection at nuclear power plants. ISOE provides experts in occupational radiological protection with a forum for communication and exchange of experience. At the end of 2008, the ISOE programme included 59 participating utilities in 26 countries (278 operating units and 32 shutdown units), as well as the regulatory authorities of 22 countries. The ISOE database, publications, annual symposia and ISOE Network website (www.isoe-network.net) facilitate the exchange amongst participants of operational experience and lessons learnt in the optimisation of occupational radiological protection. The Eighteenth Annual Report of the ISOE Programme summarises occupational exposure data trends and ISOE achievements made during 2008. Principal developments in ISOE participating countries are also described. ISOE is jointly sponsored by the OECD Nuclear Energy Agency (NEA) and the International Atomic Energy Agency (IAEA).

Bulletin de droit nucléaire n° 84

Volume 2009/2

ISSN 0304-3428. 200 pages. Abonnement annuel (2 numéros) : € 114, US\$ 150, £ 91, ¥ 16 500.

Considéré comme l'ouvrage de référence en la matière, le *Bulletin de droit nucléaire* est une publication internationale unique en son genre où juristes et universitaires peuvent trouver une information à jour sur l'évolution de ce droit. Publié deux fois par an en anglais et en français, il rend compte du développement des législations dans une soixantaine de pays. Il tient le lecteur informé de la jurisprudence, des décisions administratives, des accords internationaux et des activités réglementaires des organisations internationales, dans le domaine de l'énergie nucléaire. Les principaux articles de ce numéro portent sur « Le renouveau du nucléaire – Un nouveau droit nucléaire? », « La Directive établissant un cadre communautaire pour la sûreté nucléaire des installations nucléaires » ainsi que « L'harmonisation de la responsabilité civile nucléaire au sein de l'Union européenne ».

Sciences nucléaires et Banque de données

Actinide and Fission Product Partitioning and Transmutation ^{vo}

Tenth Information Exchange Meeting, Mito, Japan, 6-10 October 2008

ISBN 978-92-64-99097-5. 454 pages. Gratuit : versions papier avec CD-ROM ou web.

For the successful deployment of the advanced fuel cycle, it is important to apply partitioning and transmutation (P&T) technologies to radioactive waste management. In order to provide experts with a forum to present and to discuss the latest developments in partitioning and transmutation, the NEA has organised, since 1990, a series of biennial information exchange meetings on actinide and fission product P&T. These proceedings contain all the technical papers and posters presented at the 10th Information Exchange Meeting, which was held on 6-10 October 2008 in Mito, Japan. The meeting addressed the following technical issues: the impact of P&T on waste management and geological disposal; transmutation fuels and targets; partitioning, waste forms and management; materials, spallation targets and coolants; transmutation physics experiments and nuclear data; and transmutation systems design, performance and safety.

Independent Evaluation of the MYRRHA Project ^{vo}

Report by an International Team of Experts

ISBN 978-92-64-99114-9. 44 pages. Gratuit : versions papier ou web.

The renewed interest in nuclear energy – to a large extent stimulated by concerns about global climate change, high volatility of fossil fuel prices and security of energy supply – has also revived discussions on advanced reactor concepts with the potential to reduce significantly the long-term radioactivity of nuclear waste. One of these concepts is an accelerator-driven system (ADS) which combines a particle accelerator with a subcritical reactor core. The Belgian research centre SCK·CEN at Mol has launched a project aiming to construct an ADS consisting of a high energy proton, linear accelerator combined with a lead-bismuth-cooled, subcritical reactor. The project is called MYRRHA (Multi-purpose Hybrid Research Reactor for High-tech Applications). The Belgian government asked the OECD Nuclear Energy Agency (NEA) to organise an international peer review of the MYRRHA project to provide an independent evaluation as part of the decision-making process. This report presents the findings from the review, which was conducted by a team of seven high-level experts from seven countries, assisted by the NEA Secretariat.

International Nuclear Data Evaluation Co-operation ^{vo}

Complete Collection of Published Reports as of January 2010

CD-ROM gratuit sur demande.

The NEA International Nuclear Data Evaluation Co-operation programme brings together evaluation projects being carried out in Japan (JENDL), the United States (ENDF), Europe (JEFF) and non-OECD countries (BROND, CENDL and FENDL). The Nuclear Data Section of the International Atomic Energy Agency (IAEA) sponsors the participation of evaluation projects from non-OECD countries. The programme was established to promote the exchange of information on nuclear data evaluations, measurements, nuclear model calculations, validation and related topics, as well as to provide a framework for co-operative activities among the participating projects. The Co-operation programme assesses needs for nuclear data improvements and addresses those needs by initiating joint evaluation and/or measurement efforts. Expert groups are established to solve specific, common nuclear data problems. Each expert group produces a final report of its findings. This CD-ROM contains the full collection of the expert group reports as of January 2010.

JEFF Reports

Complete Collection of JEFF Reports 1-22

CD-ROM gratuit sur demande.

The Joint Evaluated File (JEF) project was started in 1982 as a collaborative project among NEA Data Bank member countries. The main objective is to provide participating countries with a common and unique source of nuclear data for the calculation and prediction of different nuclear applications. The first version of the JEF file was issued in 1985, and was followed in spring 1993 by a second version (JEF-2.2). An improved, third version was developed in collaboration with the European Fusion File (EFF) project and released in 2005 as the Joint Evaluated Fission and Fusion file (JEFF-3.1). Further updates of the radioactive decay data and neutron data sub-libraries were successively released in 2007 and 2009 as JEFF-3.1.1. This CD-ROM contains the complete collection of JEF(F) reports as of January 2010. Among the various JEF(F) publications, reports and documents, only the JEF(F) reports should be used as an official reference.

National Programmes in Chemical Partitioning

A Status Report

ISBN 978-92-64-99096-8. 120 pages. Gratuit : versions papier ou web.

Many countries have been performing a wide range of research on the partitioning and transmutation (P&T) of minor actinides and fission products. The aim is to provide greater flexibility in terms of radioactive waste management strategies and deploying advanced nuclear fuel cycles. This report describes recent and ongoing national research programmes related to chemical partitioning in the Czech Republic, France, Italy, Japan, Korea, the Russian Federation, Spain, the United Kingdom and the United States. European Commission research programmes are also included.

Nuclear Production of Hydrogen

Fourth Information Exchange Meeting, Oakbrook, Illinois, United States, 13-16 April 2009

ISBN 978-92-64-08713-2. 464 pages. Prix : € 95, US\$ 133, £ 85, ¥ 12 300.

Hydrogen has the potential to play an important role as a sustainable and environmentally acceptable energy carrier in the 21st century. This report describes the scientific and technical challenges associated with the production of hydrogen using heat and/or electricity from nuclear power plants, with special emphasis on recent developments in high-temperature electrolysis and the use of different chemical thermodynamic processes. Economics and market analysis as well as safety aspects of the nuclear production of hydrogen are also discussed.

原子力の科学技術で必要とされる試験研究施設

Besoins d'installations de recherche et d'expérimentation en sciences et technologies nucléaires (Version japonaise)

ISBN 978-92-64-99125-5. 164 pages. Gratuit : versions papier ou web.

OCDE/AEN iLibrary : Énergie nucléaire

Package Accès en ligne et archive
Prix: € 1 060, \$ 1 400, £ 850, ¥ 154 100.

Package Accès en ligne seulement
Prix: € 710, \$ 930, £ 565, ¥ 103 000.



Cette **OCDE/AEN iLibrary** permet d'accéder à chaque nouvelle publication imprimée ainsi qu'à tous les livres et périodiques publiés en ligne par l'Agence de l'OCDE pour l'énergie nucléaire. Il comprend le semestriel *Bulletin de droit nucléaire*, l'annuel *Nuclear Energy Data/Données sur l'énergie nucléaire*, le bisannuel *Uranium : Ressources, production et demande* ainsi que nombre de rapports analytiques, actes de colloques et autres comptes rendus non imprimés. Le nombre de publications est d'environ 45 par an. L'abonnement archive donne également droit à l'accès en ligne à toutes les publications éditées depuis 1998 et à celles mises en ligne depuis 2003. Un code d'accès sera envoyé par courriel le 2^e jour ouvrable suivant l'achat.

Pour s'abonner, voir :

www.oecd.org/bookshop?16121s1

Où acheter les publications de l'AEN

En Amérique du Nord

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

Dans le reste du monde

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

Commande en ligne :

www.oecd.org/bookshop

Paiement sécurisé par carte bancaire.

Où commander nos publications gratuites

Service des publications de l'AEN
12, boulevard des Îles
F-92130 Issy-les-Moulineaux, France
Tél. : +33 (0)1 45 24 10 15
Fax : +33 (0)1 45 24 11 10
E-mail : neapub@nea.fr

Visitez notre site internet : www.nea.fr

