



EN QUESTION

P.4/27

La poursuite de fonctionnement des centrales nucléaires au-delà de 40 ans



ANALYSE

P.40/57

La gestion du risque lié au radon

RETOUR D'EXPÉRIENCE

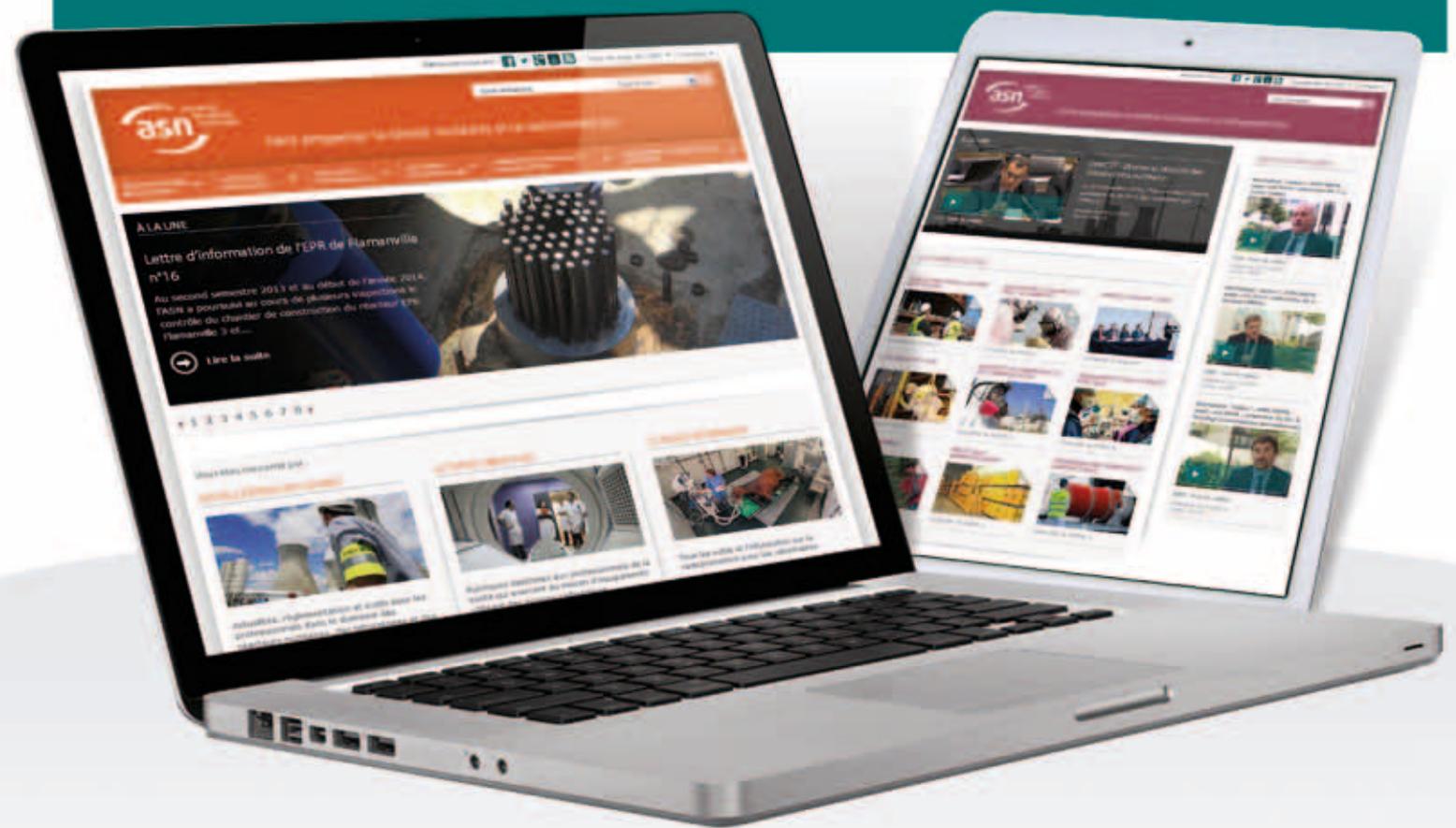
P.28/39

La maîtrise du risque incendie



www.asn.fr

Sûreté nucléaire et radioprotection : toute l'info en un clic !



L'information pour les professionnels
réglementation, guides et formulaires, comptes-rendus de séminaires...

L'information pour les particuliers
actualité des installations nucléaires, dossiers thématiques, vidéos...



éditorial



© ASN/S. CAUVET/ABACA

Les sujets techniques du contrôle de la sûreté nucléaire et de la radioprotection sont nombreux, diversifiés et font toujours l'actualité. L'ASN a choisi de consacrer ce numéro de *Contrôle* à trois d'entre eux.

Dans la rubrique « En question », elle pose les conditions de la poursuite de fonctionnement des réacteurs électronucléaires au-delà de 40 ans. En terme de sûreté bien sûr, même si ses appréciations techniques ne sont pas sans conséquences sur les choix qui seront faits en matière de politique énergétique.

Pierre-Franck Chevet revient, dans son interview, sur ces enjeux. La parole est également donnée à l'exploitant, aux appuis techniques et aux parties prenantes, aux organisations internationales et à l'Autorité de sûreté américaine, qui présente les évolutions de sa procédure de renouvellement d'autorisation d'exploitation des centrales nucléaires.

Autre sujet majeur en matière de sûreté : la capacité d'une installation nucléaire à résister à l'incendie. À cet effet, l'ASN a conduit un travail important de réglementation fondée sur les niveaux de référence de l'association européenne WENRA. Sa décision du 28 janvier 2014 relative aux règles applicables aux installations nucléaires de base pour la maîtrise des risques liés à l'incendie, homologuée par arrêté ministériel du 20 mars 2014, est applicable depuis le 1^{er} juillet 2014. Après une présentation des principes qui ont guidé à son élaboration, *Contrôle* revient sur deux événements qui ont marqué l'actualité et les mesures prises par l'ASN en conséquence.

Enfin, le radon, considéré comme un « gaz cancérigène certain » pour l'homme par l'Organisation mondiale de la santé (OMS) est un sujet de préoccupation. L'ASN considère qu'il est important d'agir, à la fois pour sensibiliser la population et les acteurs, aux plans national, régional et local, mais aussi pour développer la formation des professionnels. Un atelier européen a été organisé au siège de l'ASN pour favoriser le partage des expériences dans ce domaine. *Contrôle* présente ainsi un panorama des connaissances et des actions mises en œuvre par les acteurs impliqués dans la gestion de ce risque, en France ou en Europe.

Bonne lecture !

JEAN-CHRISTOPHE NIEL,
Directeur général de l'ASN

CONTRÔLE s'appuie sur les nouvelles technologies pour vous apporter toute l'information sur le contrôle de la sûreté nucléaire et de la radioprotection. Des flashcodes animent certains articles pour vous permettre de disposer de contenus complémentaires, comme des vidéos ou des dossiers thématiques présentés sur www.asn.fr



COMMENT UTILISER LE FLASHCODE :

- 1 - Téléchargez gratuitement l'application Mobiletag sur App Store, Android market ou Nokia Ovi au moyen de votre smartphone.
- 2 - Ouvrez l'application Mobiletag et visez le flashcode.
- 3 - Visualisez la revue *Contrôle*

sommaire

N° 198 - NOVEMBRE 2014

EN QUESTION

P. 4/27



La poursuite de fonctionnement des centrales nucléaires au-delà de 40 ans

RETOUR D'EXPÉRIENCE

P. 28/39



La maîtrise du risque incendie

ANALYSE

P. 40/57



La gestion du risque lié au radon

LES ARTICLES PUBLIÉS DANS *CONTRÔLE* PRÉSENTENT LE POINT DE VUE DE L'ASN SUR LE SUJET TRAITÉ ET DONNENT LA PAROLE AUX DIVERS ACTEURS CONCERNÉS, DANS LE RESPECT DE LEUR LIBRE EXPRESSION ET DE LA LOI.





La prolongation de la durée de vie des centrales nucléaires constitue aujourd'hui un enjeu majeur. C'est d'abord un enjeu politique, à l'heure où la loi sur la transition énergétique redessine les grandes lignes de la politique énergétique du pays. C'est aussi un enjeu industriel sans précédent pour l'exploitant, tant sur le plan technique qu'économique. C'est enfin, et surtout, un enjeu énorme en terme de sûreté nucléaire, les plus anciens réacteurs arrivant bientôt à l'aube de leur quarantième année d'exploitation, et donc de leur quatrième visite décennale. Celle-ci sera l'occasion pour l'ASN de statuer sur la poursuite – ou pas – de leur fonctionnement. Car si l'autorisation de création d'une installation nucléaire est délivrée en France

sans limite de durée, la poursuite de son fonctionnement est soumise tous les dix ans à l'appréciation de l'ASN, à l'issue d'un rigoureux processus de réexamen de sûreté. Celui-ci vise d'une part, à s'assurer que l'installation est conforme au référentiel applicable et ne présente aucun danger lié au vieillissement, d'autre part, à améliorer sa sûreté à l'aune du niveau de sûreté des réacteurs les plus récents.

Après un point sur les exigences de l'ASN, le processus de réexamen de sûreté, et les échéances qui en découlent, *Contrôle* donne la parole aux différents acteurs concernés : experts, exploitant, société civile, sans oublier les instances internationales, elles aussi mobilisées sur le sujet.

EN QUESTION

La poursuite de fonctionnement des centrales nucléaires au-delà de 40 ans

6

La prolongation du fonctionnement des centrales existantes n'est nullement acquise

Par Pierre-Franck Chevet, président de l'ASN

8

Le calendrier prévisionnel

des visites décennales des 58 réacteurs nucléaires français

10

Le processus de réexamen de sûreté

Par Thomas Houdré, directeur de la direction des centrales nucléaires de l'ASN

12

Le suivi par l'ASN des visites décennales et l'instruction des rapports de l'examen de sûreté

Par Cyril Bernardé, chargé d'affaires à la division de Lyon de l'ASN

13

Les enjeux techniques de l'extension de la durée de fonctionnement des réacteurs électronucléaires

Par Frédéric Ménage, adjoint au directeur de l'expertise de sûreté à l'IRSN

15

La poursuite de fonctionnement au-delà de quarante ans est la meilleure option sur les plans industriel, économique et écologique

Entretien avec Dominique Minière, directeur délégué de la direction production ingénierie d'EDF

16

L'extension de la durée de fonctionnement des centrales nucléaires d'EDF : des objectifs ambitieux et un programme industriel d'ampleur inédite

Par Jean-Michel Moroni, directeur adjoint durée de fonctionnement chez EDF

18

Paluel se transforme en vue de ses troisièmes visites décennales

Par Jean-Jacques Létalon, directeur de la centrale de Paluel entre septembre 2011 et septembre 2014

19

Regard d'une CLI sur le processus de visite décennale : les enseignements à tirer de la troisième visite décennale de Gravelines

Par Bertrand Ringot, président de la CLI de Gravelines

21

Prolonger la durée de vie des réacteurs n'est pas impossible, mais c'est loin d'être une simple formalité administrative

Par Philippe Saint Raymond, président du Groupe permanent d'experts pour les réacteurs nucléaires

23

La prolongation de la durée de vie des centrales en Europe : état des lieux

Par Fabien Féron, adjoint au directeur des centrales nucléaires de l'ASN

24

L'AIEA mobilisée sur la sûreté d'exploitation à long terme

Entretien avec Robert Krivanek, administrateur chargé de la sûreté au département de la sûreté et de la sécurité nucléaires de l'AIEA

25

NRC-ASN : des approches différentes de la poursuite de fonctionnement des réacteurs

Par Rachel Vaucher, chargée d'affaires au bureau réexamen, agression et matériel à la direction des centrales nucléaires de l'ASN, mise à disposition pendant trois ans à la Nuclear Regulatory Commission (États-Unis), dont dix-huit mois dans le département du renouvellement de licence des réacteurs

26

L'examen du renouvellement de licence d'exploitation par la NRC

Entretien avec Allen L. Hiser, conseiller technique pour le renouvellement des autorisations d'exploitation. Département du contrôle des réacteurs nucléaires de la Nuclear Regulatory Commission (États-Unis)

27

Au-delà de quarante ans : l'énorme responsabilité de l'ASN

Par Yannick Rousselet, chargé de campagne nucléaire de Greenpeace France

EN QUESTION

La poursuite de fonctionnement
des centrales nucléaires au-delà de 40 ans

LA PROLONGATION DU FONCTIONNEMENT DES CENTRALES EXISTANTES N'EST NULLEMENT ACQUISE

Entretien avec Pierre-Franck Chevet, président de l'ASN



Contrôle : la filière électronucléaire française est actuellement confrontée à deux grands enjeux de sûreté nucléaire et de radioprotection, qui sont d'une part, la question de la prolongation ou non des centrales nucléaires existantes, d'autre part, les suites de l'accident de Fukushima. Quelles sont selon vous les conditions pour y faire face ?

Pierre-Franck Chevet : ces enjeux sont nouveaux et sans précédent pour la filière nucléaire française. Pour y faire face, plusieurs conditions doivent être réunies. La première est d'avoir des exploitants en état de marche. Cela renvoie d'abord à

la capacité financière des exploitants, et notamment d'EDF, pour pouvoir réaliser un certain nombre d'investissements en matière de sûreté sur les réacteurs nucléaires. Cela renvoie aussi à leurs capacités techniques et industrielles. Il y a beaucoup de travaux à faire, que ce soit au titre des suites de Fukushima ou à celui de la prolongation de la durée de vie des centrales existantes. Il faudra donc qu'EDF dispose, en son sein et au niveau de ses sous-traitants, des compétences suffisantes en nombre pour mener à bien ces travaux.

Nous constatons qu'il rencontre actuellement des difficultés pour gérer ses arrêts de tranche alors même que les travaux

prévus dans ce cadre n'ont rien à voir avec ceux, beaucoup plus conséquents, qui seront à réaliser dans les cinq ans qui viennent. C'est pourquoi nous insistons sur ce point. Enfin, cela renvoie aux capacités humaines des exploitants. Les personnes qui ont accompagné le développement du parc actuel ont été pour beaucoup embauchées au tout départ, c'est-à-dire dans les années 1970-1980. Une large part d'entre elles arrive à la retraite. La question du renouvellement des compétences chez les exploitants, et chez EDF en particulier, se pose donc très clairement.

La deuxième grande condition pour affronter ces enjeux majeurs est d'avoir une Autorité de contrôle qui soit, elle aussi, en état de marche. Cela implique que l'ASN et son appui technique l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN) disposent de moyens humains suffisants. Nous sommes actuellement 1 000 personnes, ASN et IRSN confondues, à assurer le contrôle de la sûreté nucléaire et de la radioprotection en France. Nous avons estimé qu'il fallait que nous passions à 1 200 dans les plus brefs délais pour pouvoir continuer à mener à bien la mission qui est la nôtre.

Cela implique aussi de renforcer les pouvoirs de cette Autorité de contrôle, et notamment ses pouvoirs de sanction. Aujourd'hui, nous avons la capacité d'arrêter n'importe quelle installation à tout moment, mais ces sanctions ultimes sont à réserver aux cas où les dangers sont avérés. À l'autre extrémité, nous adressons régulièrement aux exploitants des mises en demeure, parfois accompagnées de procès-verbaux transmis à la justice. Entre les deux, nous n'avons pas de sanctions intermédiaires, typiquement pour des écarts qui, sans être suffisamment graves pour nécessiter un arrêt immédiat de l'installation, sont constatés de façon récurrente et ont tendance à durer.

Nous souhaitons donc disposer d'un système d'amendes journalières, applicables tant que l'écart persiste, de manière à



inciter à la résorption de ce type d'écart le plus rapidement possible. Cette disposition est d'ailleurs reprise dans le projet de loi actuellement en discussion au Parlement et qui devrait être voté en début d'année prochaine.

Je rajouterai enfin une troisième condition à ces deux premières. Il est important que les affaires de sûreté et de radioprotection ne se limitent pas à une discussion franche entre exploitants et Autorité de contrôle. Le public doit aussi y prendre part. C'est pourquoi nous appelons de nos vœux un renforcement du processus de participation du public à toutes les étapes clés dans les années à venir. Cela est en particulier nécessaire sur la question de la prolongation ou non de la durée de fonctionnement des réacteurs nucléaires, pour laquelle nous souhaitons qu'un processus d'enquête publique soit mené. Le projet de loi en discussion au Parlement prévoit donc également une clause de ce type pour renforcer la participation du public sur ces principales questions de sûreté.

L'ASN a rappelé que l'éventuelle poursuite de fonctionnement des réacteurs actuels au-delà du quatrième réexamen décennal n'était nullement acquise. Quelles sont les conditions essentielles pour réussir cette étape ?

Il s'agit d'abord, bien sûr, de vérifier que les réacteurs sont dans un état proche de celui d'origine et qu'ils ne présentent aucun danger dû au vieillissement. C'est un prérequis évident. Mais la condition la plus forte que nous ayons posée pour aller au-delà de 40 ans est de demander à l'exploitant de faire en sorte que la sûreté soit améliorée pour se rapprocher le plus possible de celle des réacteurs les plus modernes.

Je pense typiquement à l'EPR actuellement en construction à Flamanville, qui est un réacteur de génération III dont la sûreté a été nettement accrue par rapport aux réacteurs existants. C'est probablement sur ce deuxième point que nous aurons les discussions les plus complexes avec l'exploitant, car il a un vrai saut à effectuer en matière de sûreté nucléaire, qui implique certainement des travaux lourds à mener. Ce dossier est globalement devant nous. Nous nous sommes accordés avec l'exploitant sur la liste des questions à traiter. Nous attendons maintenant ses réponses pour prendre position. Nous devrions être en mesure de donner un avis générique définitif en 2018. Celui-ci portera sur l'ensemble des réacteurs.

Nous prendrons ensuite une position centrale par centrale, réacteur par réacteur, quand chacun atteindra son quatrième réexamen de sûreté. Le premier rendez-vous sera la quatrième visite décennale de Tricastin 1. La visite elle-même aura lieu en 2019. Cela ne laissera qu'une petite année à EDF après la parution de l'avis générique pour préparer sa visite décennale et effectuer les travaux visant à améliorer la sûreté du réacteur. Les délais sont donc très serrés !

Que pensez-vous des montants financiers annoncés par EDF ?

L'ASN ne se prononce pas sur les questions financières, mais sur un certain nombre de prescriptions de sûreté, qui ne sont pour l'essentiel pas encore écrites puisque nous ne rendrons notre avis qu'en 2018. Tout dépendra des discussions techniques, encore une fois complexes, qui sont pour l'essentiel devant nous. En revanche il est logique que l'exploitant prévienne déjà un certain nombre d'investissements et un chiffre. Pour ce qui nous concerne, la réponse sur la prolongation de fonctionnement n'est pas acquise, et je ne peux évidemment pas me prononcer sur les conditions qui lui sont liées.

Quels sont les critères qui conduiraient à arrêter un réacteur ?

Cela dépend pour qui ! Il peut y avoir d'abord des considérations de politique énergétique. Le projet de loi sur la transition énergétique prévoit de diminuer la proportion du nucléaire dans le mix énergétique français pour aller vers 50 % à l'horizon 2025. Il prévoit naturellement qu'EDF fasse des propositions qui vont dans ce sens. Par définition, EDF peut donc proposer dans ce cadre-là d'arrêter un réacteur. Cette décision peut aussi être prise pour des raisons purement économiques, l'exploitant considérant qu'une installation ne répond plus à ses critères de rentabilité. Mais ces deux types de décision ne sont pas du ressort de l'ASN. Pour ce qui nous concerne, nous pouvons arrêter à tout moment un réacteur en cas de danger avéré d'une installation. Nous ne sommes pas aujourd'hui dans cette situation.

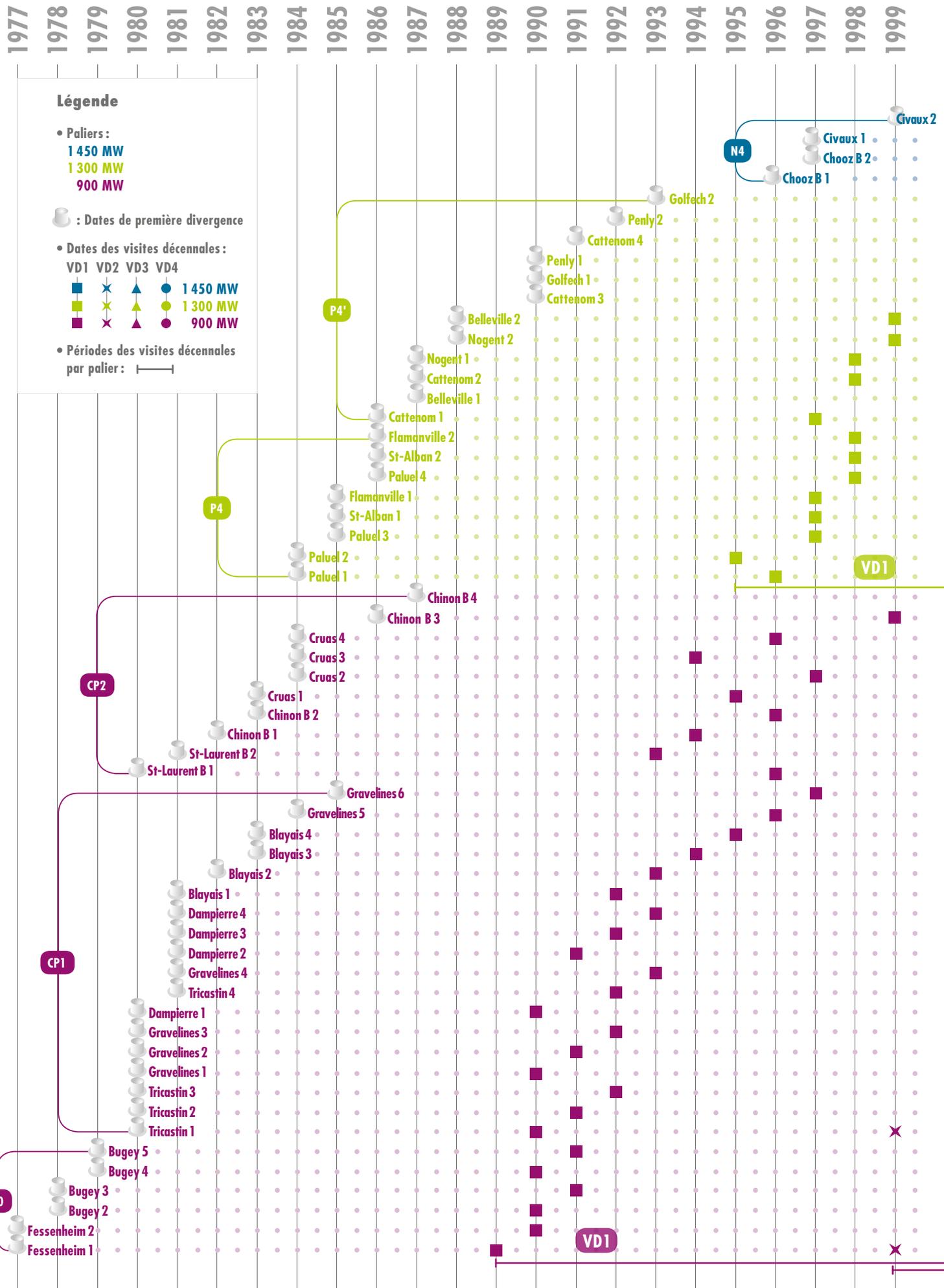
Les échéances des 40 ans arrivant à grand pas, qu'en est-il de la prolongation de fonctionnement des réacteurs ?

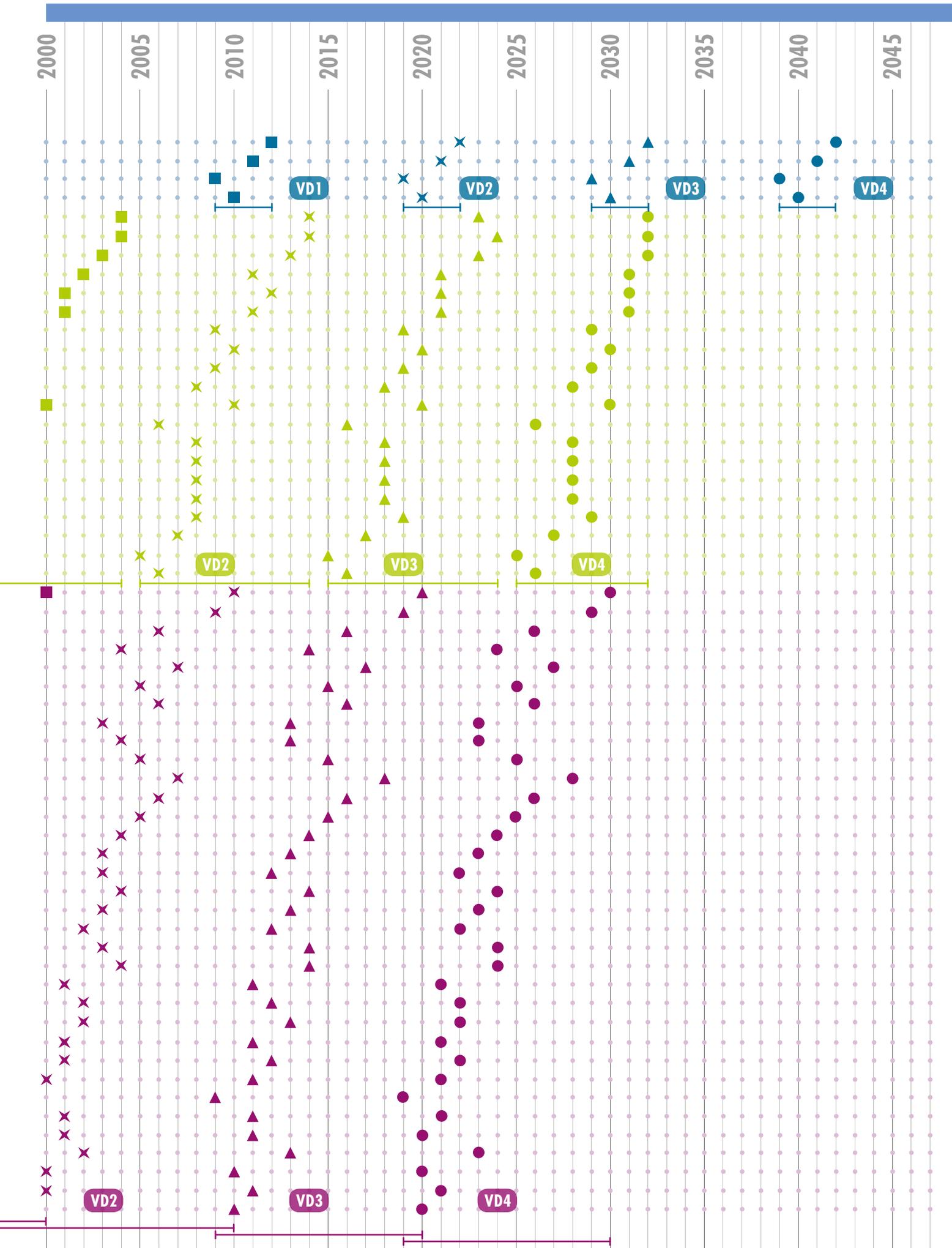
Nous avons dit lors du débat sur la transition énergétique qu'il fallait se décider vite. Après Tricastin en 2019, les quatrièmes

visites décennales se succéderont au rythme de cinq à sept tranches par an à partir de 2020, et 2020, c'est demain ! En matière de sûreté nucléaire, il faut raisonner sur du temps long : on ne peut pas changer les choses du jour au lendemain sans prendre éventuellement des risques. Il était donc urgent de décider ; c'est l'objet de la loi.

En conclusion, je dirais que le point principal sur la question de la prolongation est bien entendu l'amélioration de la sûreté. Nous avons fixé un objectif clair qui est d'aller vers un niveau de sûreté correspondant à celui des réacteurs de génération III. C'est un objectif que nous partageons au niveau européen avec nos homologues. Cet objectif est aussi très cohérent avec la philosophie appliquée en France sur les installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE), qui repose sur la mise en œuvre des meilleures technologies disponibles. Il me semble important d'insister sur ce point parce que dans d'autres endroits du monde, je pense notamment aux États-Unis, le critère pour autoriser la prolongation est avant tout le non-vieillessement des installations et le maintien de la sûreté. Cela fait partie de nos conditions également, mais nous en avons rajouté une, qui porte beaucoup d'ambition, qui est celle de la réévaluation de la sûreté et de son amélioration.

Pour être tout à fait clair, quand un certain nombre d'exploitants se prévalent du fait que la prolongation est quasiment acquise parce qu'elle a été autorisée aux États-Unis, je rappelle simplement qu'elle a été acquise dans des conditions qui sont différentes, et moins exigeantes. ♡





EN QUESTION

La poursuite de fonctionnement des centrales nucléaires au-delà de 40 ans



© I.S.V.A. GOMIER ABACA

LE PROCESSUS DE RÉEXAMEN DE SÛRETÉ

Par Thomas Houdré, directeur de la direction des centrales nucléaires de l'ASN



L'essentiel

En France, l'autorisation d'exploiter une installation nucléaire est délivrée sans limitation de durée. Elle est en revanche remise en question tous les dix ans à l'occasion de son réexamen de sûreté. Cet examen répond à un double objectif : examiner en profondeur l'état de l'installation en tenant compte de son vieillissement pour vérifier qu'il est conforme au référentiel de sûreté applicable, mais aussi améliorer son niveau de sûreté pour intégrer le retour d'expérience et les progrès techniques réalisés sur les réacteurs les plus récents. Le processus de réexamen de sûreté se fait en plusieurs étapes : d'abord une phase générique où l'exploitant présente les grandes orientations de son programme de révision sur l'ensemble des réacteurs d'un même palier, qui donne lieu à un premier avis de l'ASN, puis un déploiement des améliorations actées, réacteur par réacteur, au moment de chaque visite décennale, qui s'achève par la remise par l'exploitant d'un rapport de conclusion de réexamen. L'ASN se prononce alors sur l'aptitude – ou pas – du réacteur à poursuivre son fonctionnement.

a. « The safety objectives address new civil nuclear power plant projects. However, these objectives should be used as a reference for identifying reasonably practicable safety improvements for "deferred plants" and existing plants during periodic safety reviews. » Wenra statement on safety objectives for new nuclear power plants, nov. 2010.

Les textes qui encadrent l'exploitation des installations nucléaires françaises n'imposent pas de durée limite à leur fonctionnement. En revanche, le code de l'environnement impose aux exploitants de réaliser un réexamen

périodique de la sûreté de leurs installations. Cette disposition a été introduite par la loi du 13 juin 2006 relative à la transparence et à la sécurité en matière nucléaire (loi TSN), dans un article maintenant codifié à l'article L. 593-18 du code de l'environnement, qui

La réévaluation de sûreté à la lumière des objectifs de sûreté de réacteurs plus récents

Un des principaux objectifs du réexamen de sûreté des centrales nucléaires françaises existantes consiste à améliorer leur niveau de sûreté selon une démarche appelée réévaluation. Dans ce but, les exigences applicables aux installations actuelles sont comparées à celles auxquelles doivent répondre les installations les plus récentes et les améliorations qui peuvent être raisonnablement mises en place sont réalisées à l'occasion des visites décennales.

Ainsi, le volet de l'amélioration de la sûreté des centrales nucléaires françaises actuellement en exploitation est à examiner dans un contexte où :

- dans les années à venir, les réacteurs actuels cohabiteront avec des réacteurs de type EPR ou équivalents, dont la conception vise un niveau de sûreté significativement plus élevé ;
- la prise en compte du retour d'expérience, ainsi que les efforts de recherche et développement en France comme à l'étranger dégagent des pistes possibles d'amélioration des réacteurs actuels, notamment en matière de prévention et de gestion des accidents graves et de réduction des rejets associés.

L'ASN considère donc que les améliorations de sûreté à apporter aux réacteurs existants (études de réévaluation de sûreté et les objectifs radiologiques associés) doivent être définies au regard de ces nouvelles exigences de sûreté, de l'état de l'art en matière de technologies nucléaires et de la durée de fonctionnement visée par EDF, au regard également de la construction éventuelle d'un nouveau réacteur. Cette position est cohérente avec celle exprimée en novembre 2013 par l'association WENRA (*Western European Nuclear Regulators' Association*) des responsables des Autorités de sûreté nucléaire d'Europe, dans une déclaration sur les objectifs de sûreté pour les nouvelles centrales nucléaires^a. WENRA indique en effet que ces objectifs devraient être utilisés comme référence pour identifier les améliorations de sûreté raisonnablement possibles pour les centrales nucléaires existantes lors des réexamens décennaux de sûreté.



dispose que les réexamens de sûreté ont lieu tous les dix ans.

Du point de vue de la sûreté, l'âge d'un réacteur peut être mis en relation avec deux problématiques :

- la nécessité de s'assurer que les phénomènes de vieillissement des matériels sont correctement identifiés, prévenus, traités et maîtrisés ;
- le fait que le référentiel d'exigences pour la sûreté du réacteur peut devenir dépassé au regard du retour d'expérience et de l'évolution des connaissances et des techniques, d'où la nécessité de le réévaluer.

Ces deux problématiques sont à la base de l'obligation faite aux exploitants d'installations nucléaires de procéder tous les dix ans à un réexamen de la sûreté de leurs installations. Ainsi, les réexamens de sûreté sont l'occasion d'examiner en profondeur l'état des installations en tenant compte de leur vieillissement pour vérifier qu'elles sont conformes au référentiel de sûreté applicable. Ils ont aussi pour objectif d'améliorer leur niveau de sûreté. Les exigences applicables aux installations actuelles sont ainsi comparées à celles auxquelles doivent répondre les installations les plus récentes et les améliorations qui peuvent être raisonnablement mises en place sont réalisées à l'occasion des visites décennales.

Le processus de réexamen de sûreté pour les centrales nucléaires comprend plusieurs étapes

La phase générique du réexamen

Compte tenu de la similarité des caractéristiques des réacteurs d'un même palier (900 MW, 1 300 MW, 1 450 MW), le réexamen débute, plusieurs années avant la première visite décennale, par une phase d'études communes à l'ensemble des réacteurs du palier.

Lors de la phase préliminaire dite d'orientation du réexamen de sûreté, l'ASN commence par se prononcer sur les objectifs généraux retenus pour le réexamen de sûreté et notamment sur les thèmes devant faire l'objet d'un examen approfondi dans le cadre du réexamen de sûreté. Ensuite, à l'issue de la réalisation, sur chacun des thèmes retenus, d'études de réévaluation de sûreté et de contrôles de conformité *in situ* de l'installation et de son exploitation aux règles qui lui sont applicables, des modifications permettant de garantir la conformité et d'améliorer la sûreté sont

définies. L'ASN vérifie alors que ces modifications, qui seront mises en œuvre pendant la visite décennale du réacteur, permettent d'atteindre les objectifs du réexamen.

Cette phase est menée avec l'appui de l'IRSN qui procède à l'analyse technique des études réalisées par EDF et présente la synthèse de son analyse au Groupe permanent d'experts pour les réacteurs nucléaires (GPR).

Pour le quatrième réexamen de sûreté des réacteurs de 900 MW, le GPR s'est réuni les 18 et 19 janvier 2012 afin de se prononcer sur les orientations du programme générique d'EDF associé au projet d'extension de la durée de fonctionnement des réacteurs au-delà de 40 ans. Pour EDF, cette démarche doit s'appliquer aux réexamens de sûreté associés aux quatrièmes visites décennales des réacteurs de 900 et 1 300 MW. L'ASN s'est prononcée en juin 2013 sur les orientations de ce programme d'études dédié au projet d'extension de la durée de fonctionnement des réacteurs.

En 2015, l'ASN se prononcera sur les objectifs généraux retenus par EDF en réponse à ses demandes de juin 2013, pour le réexamen de sûreté, ainsi que sur les thèmes devant faire l'objet d'un examen approfondi dans le cadre du réexamen de sûreté. En 2018 ou en 2019, l'ASN devrait prendre position de manière générique sur la prolongation d'exploitation des réacteurs d'EDF au-delà de la quatrième visite décennale. Cette position correspondra à celle prise par l'ASN en 2009 sur la prolongation d'exploitation des réacteurs d'EDF au-delà de la troisième visite décennale.

Le déploiement des améliorations actées

Les visites décennales sont des moments privilégiés pour mettre en œuvre les modifications issues du réexamen de sûreté. La visite décennale est également l'occasion pour l'exploitant de réaliser de nombreux contrôles permettant de statuer sur la conformité du réacteur au référentiel de sûreté et à la réglementation applicables, dont l'épreuve hydraulique du circuit primaire ou le test d'étanchéité de l'enceinte de confinement. Pour déterminer le calendrier des visites décennales, EDF doit tenir compte des échéances de réalisation des épreuves hydrauliques fixées par la réglementation des équipements sous pression nucléaires et de la périodicité des réexamens de sûreté prévue par le code de l'environnement. Concernant les quatrièmes visites décennales du palier 900 MW, la première d'entre elle devrait avoir lieu en 2019 sur le réacteur 1 de la centrale nucléaire du Tricastin.

La remise par l'exploitant d'un rapport de conclusions de réexamen

À l'issue de la visite décennale, l'exploitant adresse à l'ASN un rapport de conclusions du réexamen de sûreté. Dans ce rapport, l'exploitant prend position sur la conformité réglementaire de son installation, ainsi que sur les modifications réalisées visant à remédier aux écarts constatés ou à améliorer la sûreté de l'installation. Il prend en particulier en compte les éventuelles spécificités du réacteur par rapport aux réacteurs du même palier.

À l'issue de l'analyse de ce rapport, l'ASN se prononce sur l'aptitude de chaque réacteur à rester en fonctionnement au-delà du réexamen de sûreté. Elle communique au ministre en charge de la sûreté nucléaire son analyse et peut fixer à l'exploitant des prescriptions complémentaires. ❖

LA POSITION DE L'ASN SUR LES ORIENTATIONS DU PROGRAMME GÉNÉRIQUE D'EDF

Dans les années à venir, les réacteurs actuels coexisteront avec des réacteurs, de type EPR ou équivalent, dont la conception répond à des exigences de sûreté significativement renforcées. L'ASN considère que les réacteurs nucléaires actuels doivent donc être améliorés, au regard de ces nouvelles exigences de sûreté, de l'état de l'art en matière de technologies nucléaires et de la durée de fonctionnement visée par EDF.

L'ASN considère que la démarche proposée par EDF est globalement satisfaisante, mais qu'elle doit être renforcée en ce qui concerne certains objectifs de sûreté. L'ASN considère notamment qu'EDF doit formuler des propositions ambitieuses d'amélioration de la sûreté de l'entreposage des combustibles usés.

En ce qui concerne la maîtrise du vieillissement, la poursuite du fonctionnement des centrales nucléaires au-delà de la durée pour laquelle elles ont été initialement conçues comporte des enjeux spécifiques et nécessite un investissement particulier en matière de contrôles, d'opérations de maintenance exceptionnelle et de justifications afin de garantir le maintien, au-delà du quatrième réexamen de sûreté, de la conformité des équipements importants pour la sûreté aux exigences qui leur ont été fixées. L'ASN considère que la démarche proposée par EDF pour la maîtrise du vieillissement est globalement satisfaisante mais que des compléments sont nécessaires, en particulier vis-à-vis de la justification de la tenue mécanique des cuves au-delà de leur quatrième visite décennale et la démonstration de la capacité d'EDF à réaliser les remplacements massifs de certains équipements.

EN QUESTION

La poursuite de fonctionnement des centrales nucléaires au-delà de 40 ans



© ASN / ILLIUS ROBIN

LE SUIVI PAR L'ASN DES VISITES DÉCENNALES ET L'INSTRUCTION DES RAPPORTS DE RÉEXAMEN DE SÛRETÉ

Par Cyril Bernadé, chargé d'affaires à la division de Lyon de l'ASN

Du fait de la standardisation des installations qu'il exploite, EDF a adopté pour les réexamens de sûreté de ses réacteurs nucléaires une approche en deux phases : une première phase générique, c'est-à-dire traitant des aspects communs à tous les réacteurs, et une seconde propre à chaque installation. La majeure partie de la phase spécifique par réacteur des réexamens de sûreté est réalisée lors d'arrêts décennaux de ces réacteurs. Ces arrêts sont appelés « visite décennale » et constituent le moment privilégié par EDF pour réaliser les contrôles de conformité réglementaires ainsi que les remplacements nécessaires, mais également pour mettre en œuvre les modifications qui ont été décidées afin d'améliorer le niveau de sûreté de l'installation. Leur durée moyenne est d'environ trois à quatre mois, ce qui est notablement plus long que les arrêts habituels pour rechargement en combustible et pour maintenance programmée qu'EDF réalise régulièrement (tous les douze à dix-huit mois selon les réacteurs), du fait de la quantité plus importante d'activités à réaliser.

Un inspecteur de l'ASN mobilisé avant et tout au long de la visite décennale

Comme pour chaque arrêt de réacteur pour maintenance programmée, un inspecteur de l'ASN assure le suivi de l'arrêt, en lien avec les services centraux de l'ASN et avec l'IRSN. Son rôle commence quatre mois avant l'arrêt par l'examen et l'approbation du programme de maintenance. À cette occasion, l'inspecteur vérifie que le programme d'activité transmis par l'exploitant prend en compte les demandes de l'ASN et traite les écarts détectés lors des cycles précédents. Pendant l'arrêt, l'inspecteur de l'ASN participe chaque jour à une réunion téléphonique avec l'exploitant et instruit les

différents documents qui lui sont transmis (résultats de contrôles, écarts constatés et stratégie de traitement). Par ailleurs, toute modification de l'installation prévue par l'exploitant doit faire l'objet d'un accord préalable de la part de l'ASN. L'inspecteur réalise également au moins quatre inspections des chantiers de l'arrêt. À l'issue de l'arrêt, l'ASN délivre, au regard des résultats des contrôles et modifications menés pendant l'arrêt, une autorisation de redémarrage du réacteur et assortit, le cas échéant, son accord de conditions particulières.

Deux points clés de l'examen de conformité

Dans le cadre de l'examen de conformité, deux contrôles principaux sont menés lors des visites décennales : l'épreuve hydraulique du circuit primaire, précédée de son contrôle complet, et l'épreuve de l'enceinte du bâtiment abritant le réacteur.

L'épreuve hydraulique du circuit primaire principal

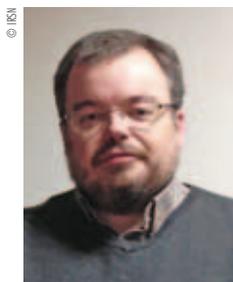
Cette épreuve consiste à mettre en pression à 1,2 fois sa pression de conception, soit 206 bars. Pour mémoire, la pression en fonctionnement est de 155 bars. En amont de l'épreuve, l'inspecteur de l'ASN, appuyé par les spécialistes concernés, examine le bilan du contrôle complet du circuit primaire principal réalisé par l'exploitant. Ce bilan comprend les résultats de plusieurs centaines d'examen non destructifs et les synthèses des interventions importantes réalisées sur le circuit primaire principal pendant l'arrêt comme le remplacement d'organes de ce circuit. L'exploitant ne peut réaliser l'épreuve hydraulique qu'une fois que l'ASN considère ce bilan satisfaisant. Lors de la montée en pression, l'exploitant réalise un palier à 154 bars pour transmettre à l'ASN un bilan thermo-hydraulique du circuit primaire principal ainsi qu'un bilan

de fuite, sur la base duquel l'ASN autorise la poursuite de la montée en pression. Une fois la pression de 206 bars atteinte, l'ASN procède à une inspection du circuit primaire principal. L'inspection est menée par plusieurs équipes se répartissant les équipements à contrôler, chacune constituée d'un inspecteur de l'ASN, et de deux agents de l'exploitant, pour contrôler visuellement chaque soudure et l'état de chaque organe. Les conditions de cette inspection ne sont pas aisées car les circuits mis à nu sont à une température située entre 75 °C et 95 °C et les conditions d'accès des soudures exigent parfois de ramper à même le sol et de se faufiler entre les tuyaux. Si les résultats de cette épreuve sont satisfaisants, l'inspecteur habilité de l'ASN établit un procès-verbal attestant du bon déroulement de l'épreuve hydraulique.

L'épreuve de l'enceinte

Cette deuxième épreuve consiste à isoler l'enceinte du bâtiment abritant le réacteur et à porter la pression à l'intérieur de l'enceinte à 4 bars pendant 16 heures afin de mesurer le taux de fuite de l'enceinte. Un rapport complet de cette épreuve est transmis à l'ASN qui examine notamment que les critères de fuite prévus par les règles générales d'exploitation du réacteur sont respectés.

À l'issue de la visite décennale, l'exploitant transmet le bilan de son réexamen de sûreté. L'ASN analyse avec l'appui de l'IRSN le rapport de réexamen de sûreté et communique à la ministre chargée de la sûreté nucléaire son analyse de ce rapport. En application de l'article L. 593-19 du code de l'environnement, l'ASN peut imposer des prescriptions complémentaires à cette occasion afin de renforcer le niveau d'exigence applicable au réacteur concernant par exemple la protection du site vis-à-vis des risques d'agressions externes, comme l'inondation ou le séisme. ❖



LES ENJEUX TECHNIQUES DE L'EXTENSION DE LA DURÉE DE FONCTIONNEMENT DES RÉACTEURS ÉLECTRONUCLÉAIRES

Par Frédéric Ménage, adjoint au directeur de l'expertise de sûreté à l'IRSN

L'essentiel

La capacité d'EDF à faire face d'une part, aux conséquences du vieillissement des réacteurs nucléaires existants, d'autre part, à rapprocher le plus possible le niveau de sûreté de celles-ci du niveau de sûreté visé pour la nouvelle génération (EPR) sont deux conditions nécessaires à la poursuite de l'exploitation de ces réacteurs.

S'agissant de la maîtrise du vieillissement, l'IRSN estime qu'EDF doit poursuivre les actions entreprises, en vue de renforcer sa capacité de diagnostic, d'anticipation et d'action industrielle.

Pour ce qui concerne l'amélioration du niveau de sûreté des réacteurs existants, les propositions d'EDF visent à limiter encore plus les conséquences des accidents, y compris ceux avec fusion du cœur du réacteur. Il importe toutefois que ces études débouchent sur des améliorations concrètes.

De plus, l'IRSN attend qu'EDF définisse des critères d'aptitude à la poursuite d'exploitation, dont le respect devra être vérifié régulièrement pour garantir que les réacteurs ne seront pas exploités au-delà du raisonnable.

Il serait tentant de considérer que la sûreté du parc français de réacteurs électronucléaires en exploitation a atteint une phase de maturité après plus de trente années d'exploitation sans accident majeur, avec l'apport du retour d'expérience et des réexamens périodiques de sûreté. Il faut toutefois tenir compte du vieillissement des installations. Il s'agit en premier lieu de s'assurer que les réacteurs sont en permanence conformes à leur référentiel de sûreté. De plus, la survenue de certains événements considérés comme improbables, liés aux agressions naturelles, est venue rappeler que le caractère suffisant des dispositions de sûreté mises en œuvre doit être réinterrogé régulièrement.

Maîtrise du vieillissement

Identifier les mécanismes de dégradation et surveiller les composants

La démarche de maîtrise du vieillissement est fondée sur l'identification la plus exhaustive possible des mécanismes de dégradation (usure, corrosion, etc.) susceptibles d'affecter les équipements importants pour la sûreté nucléaire. Ces mécanismes sont décrits dans les fiches d'analyse du vieillissement (FAV). Il faut donc que le système de retour d'expérience d'EDF alimente les FAV de façon efficace et suffisamment rapide. En outre, lorsqu'un écart dû au vieillissement est constaté sur les réacteurs, EDF doit pouvoir agir efficacement et rapidement pour remettre l'installation en conformité.

Pour maîtriser efficacement le vieillissement, EDF doit mettre en place un suivi renforcé de certains composants, tels que les pénétrations de fond de cuve. Cette démarche de maîtrise du vieillissement ayant été initiée par EDF il y a

une dizaine d'années, il convient désormais d'en examiner le retour d'expérience en vue d'en vérifier l'efficacité, depuis la rédaction des documents jusqu'à sa déclinaison, au quotidien, lors des opérations de maintenance.

Une attention particulière à porter sur la cuve du réacteur...

Le vieillissement de la cuve et de l'enceinte de confinement requiert une attention particulière, car ces composants ne sont pas remplaçables. Pour justifier le bon comportement des cuves jusqu'à 60 ans, EDF envisage d'une part, d'optimiser la gestion des combustibles du cœur, d'autre part, des évolutions méthodologiques (relâchement des critères ou évolution de la façon de calculer les grandeurs comparées aux critères).

Pour l'IRSN, la maîtrise du vieillissement repose d'abord sur une réduction réelle des risques (telle que l'optimisation de la gestion du combustible en cuve). En revanche, les évolutions méthodologiques ne constituent pas une ligne de défense forte. En effet, elles se limitent souvent à montrer qu'un vieillissement constaté, contre lequel on ne peut pas lutter, pourrait être considéré malgré tout comme acceptable. En tout état de cause, ces évolutions doivent reposer sur une base scientifique solide, doivent constituer une démonstration probante et doivent être dûment codifiées.

... et sur l'enceinte de confinement

S'agissant plus particulièrement du confinement, l'IRSN a évalué l'état et la surveillance des enceintes en béton des réacteurs de 1300 et 1450 MW, sur lesquelles de nombreux travaux de réparation sont engagés, ainsi que les améliorations à mettre en place concernant la surveillance du confinement

EN QUESTION

La poursuite de fonctionnement
des centrales nucléaires au-delà de 40 ans

et la limitation des risques de rejets de radioactivité. À cet égard, il convient de noter qu'EDF prévoit de modifier certains systèmes afin d'améliorer le confinement dans les situations avec fusion du cœur. Enfin, l'IRSN insiste sur la nécessaire maîtrise de l'étanchéité des ouvertures de l'enceinte permettant le passage des câbles et des tuyauteries. L'IRSN observe enfin que les enceintes de confinement des réacteurs de 900 MW, munies d'une peau métallique d'étanchéité, présentent pour le moment un meilleur comportement face au vieillissement.

Amélioration de la sûreté des réacteurs existants

Des dispositions techniques renforcées pour limiter le risque de fusion du cœur du réacteur en cas d'agression extrême

Pour ce qui concerne le rapprochement du niveau de sûreté des centrales nucléaires actuelles de celui de la nouvelle génération (EPR), EDF explore un certain nombre de pistes d'amélioration au titre du « noyau dur » et de l'extension de la durée de fonctionnement. Ces pistes d'amélioration prennent en compte des matériels, capables de résister à des agressions extrêmes allant au-delà de celles prises en compte à la conception, qui seront mis en place ou renforcés dans le cadre de la démarche « noyau dur » consécutive aux évaluations complémentaires de sûreté post-Fukushima. Les principales pistes d'amélioration sont les suivantes.

EDF développe un moyen supplémentaire d'alimentation de secours du générateur de vapeur (ASG) pour garantir le refroidissement du cœur en situation d'agression extrême, lorsque le circuit primaire est fermé. Pour les états du réacteur où le circuit primaire est ouvert, EDF prévoit de mettre en place un moyen évitant la fusion du cœur, par un appoint en eau de la piscine du bâtiment réacteur grâce à une source d'eau ultime et à son moyen de pompage associé, alimenté par un diesel d'ultime secours. Ces dispositions, qui renforcent les systèmes existants, visent à limiter encore plus le risque de fusion du cœur du réacteur.

... et limiter ses conséquences si elle survient malgré tout

Pour l'IRSN, ces dispositions doivent être complétées par d'autres visant à renforcer la capacité à limiter les

conséquences d'une fusion du cœur si, malgré tout, un tel scénario devait survenir. À cette fin, EDF étudie un dispositif permettant de contrôler la pression à l'intérieur de l'enceinte de confinement par évacuation de la puissance résiduelle sans ouverture du système de décompression de l'enceinte.

Ce dispositif dénommé EAS ultime (EASu) repose sur un refroidissement de l'eau en configuration de recirculation, complété par une source froide ultime dédiée et diversifiée par rapport à la source froide principale. Compte tenu des études en cours sur l'EASu, EDF n'affiche plus comme piste de travail, à ce stade, l'amélioration du dispositif de décompression et de filtration de l'enceinte.

Enfin, pour éviter le percement du radiateur en cas de fusion du cœur, EDF étudie deux dispositifs :

- un dispositif permettant de réaliser un noyage partiel ou complet du puits de cuve (solution noyage avant rupture cuve),
- un dispositif permettant de stabiliser le corium sous eau dans le puits de cuve et éventuellement dans un local adjacent (solution étalement à sec et renoyage). Cette seconde option constitue la solution de base en cours d'étude par EDF, en s'appuyant sur les dispositions mises en œuvre à Fessenheim.

Cette seconde solution est actuellement privilégiée par EDF. À ce stade, l'IRSN la considère également comme préférable. Elle présente en effet le mérite de diminuer fortement le risque d'explosion vapeur dans l'enceinte de confinement. L'IRSN se prononcera définitivement sur l'intérêt de poursuivre les investigations sur l'amélioration du dispositif de décompression et de filtration de l'enceinte sur la base de la justification de l'efficacité du dispositif EASu.

L'IRSN évaluera également, le moment venu, l'ensemble des dispositions présentées par EDF, mais souligne dès à présent qu'elles n'apporteront de réelles avancées pour la sûreté qu'après leur mise en œuvre sur le terrain. À cet égard, la capacité des intervenants à les utiliser, y compris dans des conditions extrêmes, sera un élément déterminant auquel l'IRSN accordera toute son attention.

Des critères de fin de vie à définir

Toutes ces dispositions de maîtrise du vieillissement et d'amélioration du niveau de sûreté sont nécessaires pour pouvoir envisager une extension de la durée de fonctionnement des réacteurs, mais cette extension ne peut être infinie. C'est pourquoi l'IRSN estime qu'il convient de travailler à la définition de critères d'aptitude à la poursuite de l'exploitation, également appelés « critères de fin de vie ».

Ces critères doivent permettre de caractériser complètement les paramètres contribuant à l'endommagement des composants et structures importants pour la sûreté. À cette fin, EDF doit d'ores et déjà identifier les éléments issus des programmes de recherche et développement qui participeront à l'établissement de ces critères. ❖



© LAWRENCE PEROUIS

LA POURSUITE DE FONCTIONNEMENT AU-DELÀ DE QUARANTE ANS EST LA MEILLEURE OPTION SUR LES PLANS INDUSTRIEL, ÉCONOMIQUE ET ÉCOLOGIQUE

Entretien avec Dominique Minière, directeur délégué de la direction production ingénierie d'EDF

Contrôle : EDF se positionne clairement en faveur d'une poursuite de fonctionnement de ses réacteurs. Pourquoi aller au-delà de 40 ans ? Pourquoi ne pas tout simplement les remplacer ?

Dominique Minière : il y a plusieurs raisons qui dictent ce choix. Tout d'abord parce que nous estimons que cette extension est faisable industriellement en toute sûreté. Nous savons que les deux composants non remplaçables des réacteurs, que sont la cuve et l'enceinte de confinement, sont capables d'aller au-delà de 40 ans, et tous les autres composants peuvent être remplacés. De plus, nous pouvons à cette occasion rapprocher le niveau de sûreté de nos centrales de celui des réacteurs de génération III, conformément à la demande de l'ASN. Cela ne se fera pas forcément par les mêmes moyens, mais c'est possible. Ce sont deux points sur lesquels nous avons déjà échangé avec l'ASN.

La deuxième raison en faveur de la poursuite de fonctionnement des réacteurs au-delà de 40 ans est purement économique. Au regard des modifications à apporter et des requalifications à effectuer, ce choix reste la solution la plus économiquement intéressante pour nous, donc pour nos clients et plus généralement pour tous nos partenaires industriels.

Outre le fait que c'est une garantie d'emplois très techniques et très largement localisés en France ou en Europe, c'est surtout la façon la plus économique de produire de l'électricité dans les quinze ans qui viennent. Compte tenu qu'une large partie des rénovations de gros composants et l'intégration du retour d'expérience de Fukushima se jouent peu d'années avant 40 ans, il ne serait par ailleurs pas rationnel d'engager de tels investissements si ces derniers ne sont pas amortissables sur une durée suffisante, ce qui implique une poursuite de fonctionnement au-delà de 40 ans.

Ne pas viser cette extension nous plongerait donc potentiellement dans des arrêts anticipés avant 40 ans, fragilisant fortement la fourniture d'électricité du pays.

Cette extension est également écologiquement intéressante. La France émet très peu de CO₂ grâce à son parc nucléaire. Même si un nouveau réacteur était décidé dans les années qui viennent, il ne pourrait pas être connecté au réseau avant 2025. En attendant, la décision de ne pas prolonger la durée de fonctionnement des réacteurs conduirait à retirer du réseau 5 000 MWh de capacité de production chaque année à partir de 2020. Une capacité qu'il faudra alors remplacer par les moyens de production existants. La montée des énergies renouvelables ne pouvant faire face à une telle situation, il faudra alors faire appel aux centrales à énergie fossile, fortement émettrices de CO₂. C'est d'ailleurs ce qui se passe en Allemagne, où l'on assiste à une augmentation des émissions de CO₂.

Enfin, je conclurai en rappelant que cette extension est clé pour la filière nucléaire française. À l'heure où les deux grands pays confrontés à ce choix optent pour la prolongation, à savoir les États-Unis et la Russie, il est important que la filière française démontre que celle-ci peut se faire tout en améliorant le niveau de sûreté des réacteurs, traçant ainsi une voie intéressante pour le nucléaire dans le monde qui aura aussi à faire face à ce choix dans l'avenir.

Cela permettra aussi d'éviter qu'il ne se raconte, dans le monde du nucléaire, que notre filière est « moins bonne » car incapable d'être prolongée. En creux, que la filière française autour d'EDF et d'AREVA fait des réacteurs « moins bons » que les filières russe ou américaine.

Enfin, cela sera aussi l'occasion de continuer à mettre au point les réacteurs qui pourraient être amenés à remplacer une

partie du parc nucléaire français existant quand celui-ci amorcera son arrêt progressif. Nous avons besoin de temps pour pouvoir développer un réacteur sur la base de l'optimisation de l'EPR.

Quel sera le coût de ce « grand carénage » pour EDF ?

Nous avons évalué que l'ensemble des études à mener, des modifications à apporter et le remplacement des gros composants sur l'ensemble des réacteurs concernés se chiffraient à 55 milliards d'euros. Un investissement conséquent, qui sera bien sûr lissé dans le temps et s'étalera sur une période allant de 2014 à 2025. Malgré tout, cela reste de loin le moyen le plus économique de produire de l'électricité aujourd'hui, avec un coût de production de l'ordre de 55 €/MWh, ce qui est extrêmement compétitif.

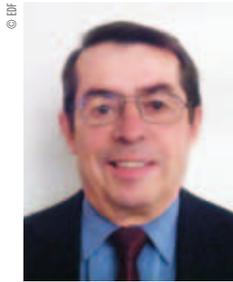
Comment allez-vous vous organiser avec l'ASN sur ce sujet ?

Nous avons déjà eu de nombreuses discussions avec l'ASN courant 2014, avec la remise de sept dossiers de référence et la tenue de nombreuses réunions techniques. Ces dernières ont été l'occasion d'échanger sur ces différents aspects de la question et d'arrêter une méthode de travail et un calendrier de livrables.

L'objectif est de favoriser les échanges entre les équipes. Des réunions régulières sont d'ores et déjà prévues avec le Groupe permanent d'experts pour les réacteurs nucléaires (GPR) de l'ASN avant que celle-ci ne rende un premier avis général, attendu en 2018. La situation de chaque centrale sera ensuite étudiée au cas par cas, à l'occasion de chaque visite décennale. ♦

EN QUESTION

La poursuite de fonctionnement des centrales nucléaires au-delà de 40 ans



L'EXTENSION DE LA DURÉE DE FONCTIONNEMENT DES CENTRALES NUCLÉAIRES D'EDF : DES OBJECTIFS AMBITIEUX ET UN PROGRAMME INDUSTRIEL D'AMPLEUR INÉDITE

Par Jean-Michel Moroni, directeur adjoint durée de fonctionnement chez EDF



L'essentiel

L'extension de la durée de fonctionnement de ses réacteurs au-delà de 40 ans fait l'objet d'un programme industriel sans précédent chez EDF. Les objectifs de ce « grand carénage » sont doubles :

- d'une part, anticiper et maîtriser le vieillissement des matériels, par le biais d'un suivi et d'un contrôle permanent de leur état d'usure et de leur remplacement le cas échéant ; une attention particulière est portée aux éléments non remplaçables que sont les cuves de réacteurs et les enceintes de confinement, pour lesquels d'importants programmes de recherche ont été mis en place et des dispositions prises afin de s'assurer de leur tenue dans le temps ;
- d'autre part, améliorer la sûreté des installations pour atteindre un niveau de sûreté comparable à celui exigé pour les nouveaux réacteurs ; les objectifs de sûreté visés dans ce cadre portent principalement sur la réduction de la probabilité de fusion du cœur et la limitation des conséquences radiologiques en cas d'accident.

Qualité d'exploitation, conformité à l'ensemble des exigences qui leur sont applicables et performances opérationnelles satisfaisantes sont bien entendu des conditions nécessaires au maintien en service des réacteurs du parc nucléaire en exploitation. Pour étendre leur durée de fonctionnement significativement au-delà de 40 ans, l'exploitant doit en plus anticiper et maîtriser le vieillissement et l'usure des matériels, procéder à des améliorations de la sûreté des installations répondant à des objectifs ambitieux, établis au regard des objectifs fixés pour les nouveaux réacteurs, adapter et renouveler ses compétences d'exploitation et d'ingénierie, s'assurer de la solidité et de la pérennité du tissu industriel auquel il fait appel. La mise en œuvre de ces orientations constitue un des grands programmes industriels du groupe EDF : le « grand carénage ».

Anticiper l'usure des matériels

L'anticipation et la maîtrise du vieillissement des matériels reposent sur le suivi et le contrôle permanents de leur état, sur des actions de maintenance courante et sur des programmes de remplacement des composants (i.e. parties de matériels ou matériels complets) lorsqu'ils ne présentent plus toutes les garanties de fiabilité et de performance ou lorsqu'ils sont frappés d'obsolescence.

À deux exceptions près – la cuve du réacteur et l'enceinte de confinement – tous les matériels qui équipent un réacteur sont remplaçables. C'est ainsi que sont remplacés régulièrement des robinets, des tronçons de tuyauterie (y compris sur le circuit primaire principal), des générateurs de vapeur, des grappes de commande, des capteurs ou encore des parties entières du contrôle-commande.

Ces remplacements sont l'occasion d'intégrer des améliorations de la conception lorsque cela s'avère pertinent, pour tenir compte du retour d'expérience antérieur ou tirer parti des meilleures technologies disponibles.

La cuve du réacteur : surveiller le risque de rupture

Le remplacement de la cuve d'un réacteur serait une opération beaucoup trop complexe sur le plan industriel pour être envisageable aujourd'hui. L'exploitant doit donc apporter toutes les garanties sur son bon comportement, en toutes circonstances et pour toute la durée de fonctionnement de l'installation.

Au droit du cœur du réacteur, l'acier de la cuve est soumis à un phénomène de fragilisation progressive sous irradiation. Ce phénomène se traduit par une augmentation progressive du risque de rupture fragile en cas de choc froid (typiquement lors de situations accidentelles qui solliciteraient le fonctionnement du système d'injection de sécurité). La démonstration avec un très haut niveau de confiance que ce risque reste maîtrisé pour des durées de fonctionnement significativement supérieures à 40 ans repose sur la qualité et les marges de la conception initiale, sur le dispositif en place de contrôle en service qui permet de s'assurer périodiquement de l'absence de défaut sensible dans les zones soumises à l'irradiation et enfin sur la mise en place, à l'échéance des quatrièmes visites décennales, de nouveaux plans de chargement permettant de réduire d'environ 50 % le flux neutronique aux points de la cuve les plus sensibles.

D'autres leviers permettant de dégager des marges supplémentaires seront le cas échéant mis en œuvre : l'augmentation de la température de l'eau du système

d'injection de sécurité et le recours à de nouvelles méthodes d'étude, tirant profit du progrès des connaissances scientifiques, qui sont mises en œuvre à l'étranger mais pas encore en France.

Enceinte de confinement : contrôler et maintenir la tenue mécanique et l'étanchéité

Les enceintes des bâtiments réacteurs ont un rôle essentiel sur le plan de la sûreté nucléaire : elles constituent la « troisième barrière de confinement ». Leur tenue mécanique et leur étanchéité en situations accidentelles sont des paramètres qui interviennent au premier ordre sur l'acceptabilité des conséquences radiologiques de ces situations. Les mécanismes de vieillissement qui affectent les enceintes de confinement, notamment la dessiccation progressive du béton et les déformations différées liées à la précontrainte, en altèrent les propriétés.

Tenue mécanique et étanchéité font donc l'objet de contrôles périodiques au titre des programmes de maintenance, notamment lors des épreuves décennales à pleine pression. Là encore, compte tenu de la qualité et des marges de la conception initiale, la tenue mécanique des enceintes de confinement est assurée dans la durée. Pour certaines enceintes à double paroi des paliers 1300 et N4, la pose de revêtement d'étanchéité lors des arrêts décennaux permet de compenser les effets du vieillissement et de maintenir leur taux d'étanchéité à une valeur conforme aux exigences. Les enceintes à double paroi disposent en outre d'un système de confinement dynamique très efficace (par reprise des fuites éventuelles et filtration).

Deux objectifs pour améliorer la sûreté : réduire la probabilité de fusion du cœur, et limiter les conséquences en cas d'accident

Pour ce qui concerne les améliorations de sûreté associées à l'extension de la durée de fonctionnement des réacteurs du parc en exploitation, EDF rejoint les attentes exprimées par l'ASN et vise des objectifs de sûreté élaborés au regard de ceux définis pour les nouveaux réacteurs, comme celui de Flamanville 3.

Ces objectifs de sûreté portent principalement sur la réduction de la probabilité de fusion du cœur et la limitation des conséquences radiologiques en cas d'accident.

EDF vise en particulier à rendre non-nécessaire la mise en place de mesures de protection des populations pour les accidents qui ont servi à dimensionner les réacteurs existants et à la nécessité seulement de contre-mesures limitées dans l'espace et dans le temps en cas d'accident avec fusion du cœur. Ces objectifs à la fois prolongent les améliorations de sûreté déjà obtenues lors des précédents réexamens de sûreté et sont en pleine cohérence avec les évaluations complémentaires de sûreté post-Fukushima.

Pour atteindre ces objectifs, EDF étudie les solutions qui peuvent s'appliquer au parc en exploitation, sans en déstabiliser la conception ni l'exploitation, en déclinant le principe d'amélioration continue et pragmatique de la sûreté dans des conditions économiquement acceptables (« *reasonably practicable safety improvements* » selon WENRA) et en tirant parti des modifications résultant des enseignements de l'accident de Fukushima. Celles-ci sont mises en œuvre pour éviter l'occurrence de rejets importants et durables dans l'environnement dans des situations d'agression extrêmes (séisme, inondation externe et phénomènes naturels corrélés) bien au-delà du dimensionnement des installations.

Dans le cadre de cette démarche d'ensemble et avec comme ambition d'être à l'heure pour les premières des quatrièmes visites décennales du palier 900 MW en 2019, EDF travaille à la mise au point de solutions permettant de réduire la probabilité d'occurrence et de limiter les conséquences radiologiques des situations accidentelles susceptibles d'affecter le réacteur ou la sûreté de l'entreposage des combustibles usés dans les piscines des bâtiments combustible, que ces situations résultent d'événements internes à l'installation ou d'événements externes tels que les phénomènes météorologiques extrêmes.

Une organisation dédiée

Pour la conduite de ce grand programme d'études et de travaux, EDF s'appuie sur son modèle intégré d'architecte-ensemblier qui allie compétences de R&D, d'ingénierie et d'exploitation. Pour en assurer la pleine maîtrise, EDF s'est doté d'une organisation dédiée, pilotée au plus haut niveau de la direction production et ingénierie, le programme « grand carénage ».

Cette organisation, outre la supervision des orientations retenues et des études engagées, assure la maîtrise d'ensemble de ce grand programme dans toutes ses dimensions : industrielle, économique et financière, et en termes de ressources et de compétences internes, tout en préservant la sûreté en exploitation. Le programme « grand carénage » supervise également le programme de R&D qu'EDF met en œuvre dans le cadre de collaborations nationales et internationales pour soutenir l'extension de la durée de fonctionnement du parc en exploitation. ❖

EN QUESTION

La poursuite de fonctionnement des centrales nucléaires au-delà de 40 ans



© ALBAN GILBERT

PALUEL SE TRANSFORME EN VUE DE SES TROISIÈMES VISITES DÉCENNALES

Par Jean-Jacques Létalon, directeur de la centrale de Paluel entre septembre 2011 et septembre 2014

Paluel est la première centrale 1 300 MW à réaliser ses troisièmes visites décennales (VD3). Tout commencera avec Paluel 2 en avril 2015. Ce grand chantier de maintenance sera l'occasion de moderniser les installations en intégrant de nombreuses modifications. Concrètement, et sans les citer toutes, il s'agira tout de même de remplacer les générateurs de vapeur, retuber le condenseur, remplacer un tambour filtrant de la station de pompage, mais aussi moderniser le système de contrôle commande (M2C) et la salle de commande. Sur le site souffle un peu l'esprit qui prévalait au moment de sa construction mais avec une différence notable : les trois autres réacteurs ne seront pas à l'arrêt et il faudra garantir leur production en toute sûreté ! Un tel travail nécessite une préparation en profondeur. Beaucoup d'énergie a été déployée de façon anticipée pour être au rendez-vous.

Un travail en amont pour s'approprier les dossiers

Tout d'abord, une très forte implication de l'exploitant sur l'appropriation du contenu technique des dossiers. Un lien très étroit s'est tissé au cours des trois dernières années, au travers de groupes de travail entre le site, l'ingénierie du parc nucléaire et les constructeurs. Ce travail, en cours de finalisation, a permis de mieux anticiper la préparation de l'arrêt comme par exemple l'intégration des aspects logistiques ou celui des requalifications. Il a aussi permis une meilleure prise en compte de l'avis de l'exploitant. Le dossier M2C est exemplaire sur ce point avec un détachement très anticipé (quatre ans) de techniciens des automatismes afin de valider les choix techniques, participer aux aspects ergonomiques, valider la maintenabilité des solutions proposées.

Une meilleure implication de toutes les parties prenantes

Ensuite, une évolution importante a été réalisée en matière d'organisation et de coopération avec toutes les parties prenantes associées à ce projet VD3.

Grâce au travail engagé sur les compétences sept ans auparavant, il a été possible d'accueillir, former et accompagner dans de bonnes conditions les nouveaux entrants et ainsi renforcer progressivement les équipes d'arrêt. Plus récemment, des équipes de ressources mutualisées ont été créées à l'unité technique opérationnelle (UTO) afin de venir renforcer les sites si besoin. De nouveaux outils de formation ont vu le jour, comme le simulateur numérique pleine échelle, afin de bien accompagner les agents dans l'appropriation des modifications.

Les objectifs de réussite des VD3, principalement ceux de qualité et de réactivité dans la prise en compte du retour d'expérience, ont été partagés avec les parties prenantes. Ainsi, un protocole a été signé avec l'ingénierie du parc nucléaire et des accords de coopération avec les principaux fournisseurs. Un projet de territoire « Albâtre énergie » a été engagé avec la communauté de communes afin, là aussi, de bien intégrer ce grand chantier dans son environnement.

Un gros investissement sur la logistique

Enfin, un très gros investissement de fond a été réalisé autour de la logistique afin de mieux accueillir les agents EDF et prestataires qui vont travailler sur les VD3. De nouvelles infrastructures ont été réalisées et les processus ont été repensés afin de gagner en efficacité dans la réalisation du travail et procurer ainsi plus de sérénité, donc de qualité de réalisation. Tout a été conçu du point de vue de l'intervenant

en allant de l'amont vers l'aval : trouver à se loger, se garer, accéder au site, faire rentrer ses outils, disposer des pièces de rechange, d'un vestiaire, d'un bureau, se déplacer sur site, se restaurer, trouver de la place pour coliser, limiter la densité de travaux dans une zone donnée, accéder aux magasins, obtenir un échafaudage, un sas, un transport de matériel, évacuer les déchets...

Les investissements nécessaires ont été réalisés : nouveau parking, poste d'accès redimensionné, quai de transbordement, agrandissement des vestiaires... tout en faisant en parallèle évoluer nos processus : colisage/manutention centralisé et optimisé, accueil en un point, délivrance des autorisations en un point, élargissement des plages de travail, mise en place d'assistants de zone, de distributeurs automatiques de matériels de sécurité et radioprotection... Plusieurs solutions ont été testées sur les arrêts de 2012 et 2013, confirmant le bien-fondé de ces évolutions.

Tout n'est pas terminé, des réglages restent à faire mais les choses sont bien engagées pour être à l'heure en 2015. Les VD3 seront ainsi l'occasion pour le site de Paluel, au-delà des modifications matérielles engagées comme les remplacements des générateurs de vapeur (RGV) ou le M2C, de faire évoluer en profondeur ses processus afin d'aborder de façon moderne et efficace les prochaines années d'exploitation. ♠



REGARD D'UNE CLI SUR LE PROCESSUS DE VISITE DÉCENNALE : LES ENSEIGNEMENTS À TIRER DE LA TROISIÈME VISITE DÉCENNALE DE GRAVELINES

Par Bertrand Ringot, président de la CLI de Gravelines

L'essentiel

La commission locale d'information (CLI) de la centrale de Gravelines, dans le Nord, a été invitée à suivre les troisièmes visites décennales des réacteurs 1, 2 et 3 de l'installation. Cette opportunité a permis aux membres de la CLI de mieux appréhender les impératifs de la sûreté nucléaire. Parmi les principaux enseignements à tirer de cette expérience : la difficulté pour une CLI de se constituer un noyau dur d'experts capables de se forger une opinion sur un sujet aussi technique que la poursuite de fonctionnement d'un réacteur, et de trouver sa juste place au sein d'un processus qui mobilise déjà fortement les équipes de l'exploitant comme celles de l'ASN et de l'IRSN.

Gravelines présente plusieurs particularités : c'est un polder exposé aux inondations et au risque de submersion marine, avec, à proximité, des sites industriels à risque, un terminal méthanier en cours de construction... Cette situation particulière a d'ailleurs été relevée par l'Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques (OPECST), l'IRSN ou encore l'ASN, dans son rapport à la suite des évaluations complémentaires de sûreté (ECS). L'occasion donnée de s'impliquer dans les troisièmes visites décennales (VD3) a donc été accueillie avec enthousiasme à

la CLI de la centrale de Gravelines, sans doute parce qu'il s'agissait d'un moyen de concrétiser les dispositions de la loi TSN donnant désormais aux commissions un réel pouvoir pour réaliser des expertises, mais aussi, peut-être, parce que cela donnait indirectement une opportunité de se lancer dans le débat sur la durée de vie des réacteurs.

L'enthousiasme du départ a cependant été tempéré lorsqu'il s'est agi de mettre en place le cadre conventionnel adéquat entre l'ASN, EDF, l'Association nationale des comités et commissions locales d'information, un expert ➤➤

Visite de la centrale de Gravelines par la CLI, le 18 juillet 2013



EN QUESTION

La poursuite de fonctionnement
des centrales nucléaires au-delà de 40 ans

et la CLI. Les délais d'élaboration et de signature de la convention ont été très longs et ont retardé le démarrage effectif des travaux du groupe de travail car l'accès aux documents n'a pu se faire qu'après la signature de la convention par l'ensemble des parties, ce qui a fait que la troisième visite décennale du réacteur 1 a été prise en cours de route. Il faut dire que la survenue de l'accident de Fukushima, au beau milieu du processus de signature, y a été pour beaucoup. Les choses se sont mieux passées pour les VD3 des réacteurs 3 et 2.

De la difficulté à se doter d'une expertise suffisante au sein de la CLI...

Le groupe de travail, composé de membres de chacun des collèges de la CLI (représentants des collectivités, du monde associatif, des salariés et du monde économique), a rapidement été confronté à la difficulté de trouver en son sein des capacités d'expertise. Si de rares membres du groupe de travail étaient des retraités d'EDF et avaient donc une connaissance technique, au moins partielle, du sujet, la plupart étaient novices et non-initiés. Personne n'avait une connaissance de l'ensemble des questions à examiner. Une visite décennale représente un énorme apport de documents, ce qui implique de dégager du temps pour les examiner et les comprendre.

Même si ce groupe de travail était une occasion de tester la capacité d'expertise citoyenne d'une CLI sur les activités nucléaires, très vite, le groupe a choisi d'aller chercher une expertise plus scientifique à l'extérieur. Nouvelle difficulté, car les experts indépendants de l'exploitant ou de l'ASN ne sont pas encore légion. C'est à Monique Sené (en tant qu'expert et présidente du Groupement des scientifiques pour l'information sur l'énergie nucléaire) que la CLI a fait appel, notamment du fait de l'important travail qu'elle avait déjà réalisé dans ce domaine.

... et de s'insérer dans un processus déjà très serré

Devant l'ampleur des questions à examiner, nous avons décidé de nous concentrer sur des domaines précis : l'examen de la cuve par la machine d'inspection en service (MIS), l'épreuve hydraulique du circuit primaire (EHP) et l'épreuve

enceinte (EE), le recours aux prestataires et son impact sur la sûreté, les écarts, la radioprotection et le génie civil (corrosion, dégradation des murs, des supports, des bâtiments...).

Si l'exploitant et l'ASN ont toujours répondu aux demandes du groupe de travail, force est de constater que les questions venaient à un moment où, de part et d'autre, toutes les unités d'œuvre étaient déjà fortement mobilisées par les visites décennales elles-mêmes mais aussi par les suites de Fukushima. Les délais de transmission des documents étaient parfois tels qu'ils arrivaient au moment où les installations avaient déjà redémarré.

Même si, durant une visite décennale, il est assez difficile de programmer des visites de chantier^a longtemps à l'avance car le calendrier est adapté au jour le jour, plusieurs membres du groupe de travail ont fortement regretté de ne pas être invités aux inspections de l'ASN menées dans le cadre des VD3. Attitude d'autant plus mal comprise que la division de Lille de l'ASN, en temps normal, invite régulièrement des membres de la CLI à des inspections.

EDF et l'ASN ont néanmoins organisé une journée consacrée aux membres du groupe de travail, permettant à ceux-ci de visiter les secteurs souhaités. Cette initiative mérite d'être soulignée.

Outre le fait qu'il est difficile à des non-experts de produire un avis sur un domaine aussi technique et pointu, un enseignement fort tiré de cette expérience sur les visites décennales est de situer le rôle de la CLI face à celui de l'exploitant et à celui de l'ASN. En effet, la CLI ne doit se substituer ni à l'un, ni à l'autre, mais l'exercice n'est pas facile.

Des échanges francs et de qualité

Si le démarrage a été difficile, il convient cependant de se féliciter de la qualité et de la franchise des échanges qu'il a été possible de tenir durant les réunions du groupe de travail, tant avec l'exploitant qu'avec l'ASN.

Par ailleurs, l'accident de Fukushima a, à l'évidence, bouleversé les choses et a eu pour conséquence, sans doute, de marginaliser quelque peu le travail des CLI. En effet, l'arsenal de mesures décidées à l'échelon européen (*stress tests*) et

français (ECS) a fait que le travail mené par les CLI sur les VD3 a semblé être relayé au second rang.

Un des grands mérites de la démarche aura malgré tout été de permettre à des personnes d'horizons divers de toucher de près à la sûreté nucléaire, d'y réfléchir et de poser des questions. Mais un regret unanime des membres du groupe de travail est néanmoins de savoir si les questions soulevées et les propositions faites ont été ou vont être intégrées à la décision finale^b.

Enfin, il est difficile de créer, au sein des CLI, un noyau dur d'experts, car tout peut être remis en cause à la suite d'une élection, d'un départ en retraite, d'un déménagement ou d'une mutation. ♣

a. Les visites de chantiers sont réalisées de manière inopinée et programmées du jour au lendemain en fonction de l'avancement des chantiers que l'ASN souhaite inspecter. Cette situation rend difficile la participation de membres de la CLI dont les accès doivent être prévus plusieurs jours à l'avance pour respecter les règles de sécurité, ndlr.

b. La décision finale du collège de l'ASN prendra en considération les avis des membres de la CLI et les commentaires du public issus de la consultation qui doit être organisée selon le processus habituel, ndlr.



PROLONGER LA DURÉE DE VIE DES RÉACTEURS N'EST PAS IMPOSSIBLE, MAIS C'EST LOIN D'ÊTRE UNE SIMPLE FORMALITÉ ADMINISTRATIVE

Par Philippe Saint Raymond, président du Groupe permanent d'experts pour les réacteurs nucléaires

L'essentiel

La question de la durée de vie des centrales nucléaires françaises ne s'est pas posée au moment de leur construction, les autorisations de création des installations ayant toujours été délivrées sans limitation de durée. Pour autant, elle est au cœur de la réévaluation de la sûreté des réacteurs effectuée tous les dix ans. Tout particulièrement pour les réacteurs de 900 MW construits dans les années 1970-1980, et qui arrivent à leur quatrième examen de sûreté.

Dès 2009, EDF a fait part à l'ASN de sa volonté de continuer à les exploiter au-delà de 40 ans et a présenté la stratégie qu'il entendait développer à cette fin. Pour se prononcer sur cette demande, l'ASN a saisi son Groupe permanent d'experts pour les réacteurs nucléaires (GPR), qui l'a examinée en 2012. Sans être défavorable au principe d'une prolongation de la durée de vie des réacteurs, celui-ci a rappelé dans son avis la nécessité de démontrer, programme de recherches à l'appui, la maîtrise du vieillissement des installations. Il a en outre insisté sur les efforts importants à mener pour rehausser le niveau de sûreté à celui des réacteurs les plus récents.

Quelle sera la durée de vie des centrales nucléaires françaises? C'est une question qu'on ne se posait guère au moment de la grande vague de construction de ces centrales, dans les années 1970 et 1980 – pas plus d'ailleurs qu'on ne se souciait des conditions dans lesquelles ces centrales pourraient être démantelées à la fin de leur vie. On demandait certes au concepteur américain Westinghouse des justifications quant à la durée de vie de composants essentiels comme la cuve du réacteur, pour des raisons à la fois de garantie de la sûreté et de rentabilisation de l'investissement, mais il ne s'agissait dans ce contexte que de durée de vie minimale et non pas maximale.

Si aux États-Unis, patrie d'origine de ces centrales, la licence était donnée pour une durée limitée, en général de quarante ans, en France, conformément à la tradition des autorisations d'exploiter des installations classées pour la protection de l'environnement, les autorisations de création des installations nucléaires étaient délivrées, et le sont toujours, sans limitation de durée.

Une réévaluation tous les dix ans

Cela ne veut pas dire, bien entendu, que le vieillissement des centrales nucléaires ne soit pas suivi et surveillé. Par analogie avec la réglementation générale des appareils à pression, dont les centrales françaises à eau sous pression comportent des spécimens particulièrement importants et délicats, s'est développée la pratique des réexamens de sûreté décennaux : tous les dix ans, à l'occasion de la visite et de la réépreuve de ses appareils à pression, l'ensemble de l'installation est soumis à un examen approfondi, qui a pour but d'une part,

de vérifier la conformité de l'état de la tranche à son état théorique et d'obtenir l'assurance du maintien de cette conformité pour les dix ans à venir (on parle d'examen de conformité), d'autre part, de comparer la sûreté de la tranche à celle d'installations comparables plus récentes (on parle de réévaluation de sûreté).

L'ensemble de ces examens peut déboucher sur des modifications plus ou moins importantes, ayant pour objet de maintenir ou d'améliorer la sûreté. Ces réexamens de sûreté, au départ effectués comme des « bonnes pratiques », sont maintenant imposés par la loi (loi de 2006 dite « Transparence et sécurité nucléaire », maintenant intégrée dans le code de l'environnement).

À l'issue du réexamen, l'ASN donne, si elle juge cette situation satisfaisante, un feu vert au redémarrage de la centrale. Il ne s'agit pas comme on le dit parfois d'une véritable autorisation de fonctionner pour les dix ans à venir – c'est l'autorisation initiale qui reste toujours valable – mais d'une absence d'opposition, qui d'ailleurs peut à tout moment être remise en cause en cas de survenance d'un problème grave de sûreté.

Le quatrième réexamen de sûreté du palier 900 MW : une échéance majeure à plus d'un titre

En raison de la standardisation des centrales françaises, qui ont été construites par « paliers » regroupant des unités très semblables les unes aux autres, l'exploitant EDF a pris l'habitude de mener ses réexamens de sûreté palier par palier. Arrive actuellement la date du quatrième réexamen de sûreté du palier des réacteurs de 900 MW. La question de la prolongation du fonctionnement de ces réacteurs au-delà de 40 ans est donc posée. ➤➤

EN QUESTION

La poursuite de fonctionnement des centrales nucléaires au-delà de 40 ans

Pourquoi arrêterait-on à cette date les réacteurs de 900 MW ? Plusieurs raisons sont envisageables :

- **pour des raisons de politique énergétique :** le projet de loi sur la transition énergétique, adopté en première lecture par l'Assemblée nationale, prévoit une diminution de la part du nucléaire dans la production énergétique française, ce qui pourrait amener à fermer un certain nombre de centrales. Il serait logique de commencer par les plus anciennes. Ces choix politiques, qui doivent être prochainement examinés par le Sénat, dépassent l'objet du présent article ;
- **pour des raisons administratives :** ce serait le cas si les centrales étaient autorisées pour une durée limitée, mais, comme on l'a noté plus haut, ce n'est pas le cas en France (contrairement à d'autres pays, notamment les États-Unis, où la prolongation de fonctionnement des centrales au-delà de 40 ans fait l'objet d'une nouvelle procédure administrative d'autorisation) ;
- **pour des raisons économiques :** c'est à l'exploitant d'apprécier cette dimension, mais, d'une façon générale, même si l'exploitation des unités anciennes est un peu plus onéreuse que celle d'unités neuves, le fait de disposer d'installations déjà économiquement amorties est un facteur très favorable. Il faut que l'ASN ait vraiment des exigences très lourdes pour que l'exploitant ait intérêt économiquement à fermer une centrale (le cas s'est produit dans le passé pour la centrale de Chooz A) ;
- **pour des raisons techniques et de sûreté :** c'est en réalité la seule question qui se pose lors des réexamens périodiques de sûreté. De ce point de vue, l'âge de 40 ans représente un jalon particulièrement important puisque c'est pour cette durée qu'étaient conçus les composants critiques des centrales.

Le GPR saisi sur la question de la prolongation

Dès 2009, EDF a fait part à l'ASN de sa volonté de continuer à exploiter les réacteurs existants au-delà de 40 ans,

en maintenant ouverte l'option d'aller jusqu'à 60 ans, et a exposé la stratégie qu'il entendait développer à cette fin. L'ASN a saisi de cette demande le Groupe permanent d'experts pour les réacteurs nucléaires, qui l'a examinée en 2012.

L'avis émis par le GPR n'est pas défavorable au principe de la prolongation de la durée de vie des réacteurs, mais insiste sur les deux composantes des réexamens de sûreté qui doivent permettre de se prononcer, réacteur par réacteur, sur cette prolongation :

- en ce qui concerne l'examen de conformité, la date des 40 ans sera particulièrement critique puisque la maîtrise du vieillissement au-delà de cette date n'était pas justifiée dans le dossier originel d'autorisation du réacteur. Cette maîtrise du vieillissement pour les dix années à venir devra donc être soigneusement démontrée, ce qui suppose en particulier des programmes de recherche sur les phénomènes à prendre en compte. L'examen de conformité devra être particulièrement vigilant, et des opérations de maintenance exceptionnelle devront être menées comme prévu par EDF ;
- en ce qui concerne la réévaluation de sûreté, l'élément nouveau est l'apparition de nouveaux réacteurs de type EPR, dont la sûreté a été développée sur certains points plus que sur les réacteurs existants. Conformément au principe rappelé plus haut, la sûreté des réacteurs existants lors de leur réexamen de sûreté doit être appréciée en référence à ces réacteurs plus modernes. Cela n'implique pas que les réacteurs existants doivent être transformés en autant d'EPR, mais cela suppose des efforts dans les domaines de la prévention des accidents graves, et de la limitation des conséquences des accidents de dimensionnement et accidents graves. En outre, une attention particulière devra être portée aux conditions d'entreposage des combustibles usés en piscine de désactivation, qui constituent un point sensible de la sûreté des réacteurs actuels.

Bien plus qu'une simple formalité administrative

La prolongation de la durée de vie des réacteurs actuels au-delà de 40 ans n'est donc pas, pour le groupe permanent, une chose impossible, mais on ne saurait non plus considérer que cette prolongation va de soi et n'est qu'une formalité administrative. Il appartiendra à l'exploitant EDF de produire des dossiers particulièrement convaincants sur la sûreté attendue des réacteurs âgés de plus de 40 ans, et d'engager des investissements certainement importants pour améliorer la sûreté de ces réacteurs.

Deux remarques pour terminer. La référence à la sûreté des réacteurs modernes de type EPR ne s'impose pas seulement lors des quatrièmes visites décennales mais, dès maintenant, pour l'ensemble des visites décennales venant à échéance. Il serait curieux que ces normes de sûreté plus exigeantes s'appliquent aux réacteurs très jeunes (les EPR) et aux réacteurs très vieux (les réacteurs de 900 MW de plus de 40 ans) et ne s'appliquent pas à la population intermédiaire des réacteurs de 1300 MW et 1450 MW avant qu'ils aient atteint leurs 40 ans.

Par ailleurs, la catastrophe de Fukushima Daiichi, intervenue postérieurement à la demande d'EDF de prolonger la vie de ses centrales, a amené l'ASN, après avis des Groupes permanents d'experts, à renforcer certaines exigences de sûreté (notamment, création d'un « noyau dur » de systèmes de sûreté pouvant résister à des agressions majorées). Ces exigences, qui s'appliqueront elles aussi à tous les réacteurs, viendront alourdir encore les conditions de prolongation de la durée de vie des centrales au-delà de 40 ans. ❖



LA PROLONGATION DE LA DURÉE DE VIE DES CENTRALES EN EUROPE : ÉTAT DES LIEUX

Par Fabien Féron, adjoint au directeur des centrales nucléaires de l'ASN

Les pratiques dans les pays membres de WENRA

Dans la plupart des pays membres de WENRA, l'autorisation délivrée à la création de l'installation ne précise pas la durée de vie de la centrale. Néanmoins, le rapport de sûreté contient généralement quelques hypothèses de calcul concernant la durée de vie de certains composants essentiels (cuve du réacteur...). Lorsque de telles valeurs sont mentionnées, elles sont généralement comprises entre trente et quarante ans. Le remplacement de composants comme les générateurs de vapeur ou le couvercle de cuve est effectué dans de nombreux pays mais est rarement associé à la prolongation de la durée de vie des centrales. Aucun pays n'a signalé que des composants essentiels avaient été spécifiquement remplacés dans le cadre d'une telle prolongation.

Dans la majorité des pays membres de WENRA, les exploitants ont déjà exprimé l'intention de faire fonctionner certaines de leurs centrales au-delà de leur « durée de vie nominale », généralement pour dix à vingt ans de plus. Jusqu'alors, seul un petit nombre de dossiers justificatifs concernant la prolongation de la durée de vie d'une centrale a été remis aux Autorités de sûreté et examiné par elles.

Généralement, les Autorités de sûreté adoptent une position concernant la poursuite de l'exploitation dans le cadre des réexamens périodiques de sûreté. S'agissant de la sûreté, les pays membres de WENRA ont recensé principalement deux facteurs limitants pour la prolongation de la durée de vie des centrales :

- > le vieillissement des structures, systèmes et composants essentiels (en particulier ceux qui ne sont pas remplaçables) ;
- > le respect des exigences de sûreté « modernes ».

D'autres facteurs limitants ont été mentionnés, comme les compétences et les qualifications du personnel.

Deux notions à préciser

Durée de vie nominale

La définition de la durée de vie nominale figure dans le glossaire de sûreté de l'AIEA : « Période durant laquelle il est prévu qu'une installation ou un composant fonctionneront conformément aux spécifications techniques selon lesquelles ils ont été fabriqués. »

Si cette notion semble claire pour un composant précis, elle est plus difficile à percevoir lorsqu'elle porte sur une installation complète. Le RHWG^a a donc opté pour la définition suivante : la durée de vie nominale d'une centrale nucléaire est la plus petite des durées de vie de tous ses systèmes, structures et composants non remplaçables.

Prolongation de la durée de vie des centrales

Selon la définition donnée par l'AIEA^b, « La prolongation de la durée de fonctionnement d'une centrale nucléaire peut se définir comme son exploitation au-delà d'une période déterminée, fixée par exemple par l'échéance de l'autorisation, la conception, des normes, l'autorisation ou la réglementation, prolongation qui a été justifiée par une évaluation de la sûreté en tenant compte des processus et des caractéristiques qui limitent la durée de vie des structures, des systèmes et des composants. » Cette définition est celle

retenue par le RHWG, qui précise que la « période déterminée » désigne la durée de vie nominale au sens du RHWG.

Les conclusions du RHWG

Il n'existe pas de réel effet falaise, tant sur le niveau de sûreté que sur les dégradations provoquées par le vieillissement, à l'atteinte de la durée de vie nominale. L'exploitant pourrait donc être en mesure de justifier un fonctionnement au-delà de cette durée. Les réexamens périodiques de sûreté sont une échéance adaptée pour évaluer la poursuite du fonctionnement d'un réacteur. Le vieillissement des équipements est un des aspects de la poursuite du fonctionnement, il fait déjà l'objet de plusieurs documents ou normes internationales. En conséquence, ce sujet ne relève pas d'une action prioritaire d'harmonisation pour le RHWG.

Lors des réexamens périodiques de sûreté des réacteurs en exploitation, les objectifs de sûreté fixés par WENRA pour les nouveaux réacteurs et les autres normes modernes pertinentes devraient être utilisés comme référence pour identifier les améliorations de sûreté qu'il serait raisonnable de réaliser. Pour ce qui concerne les améliorations de sûreté liées à la poursuite du fonctionnement, un élément important pour apprécier leur caractère raisonnable est la durée restant jusqu'à l'arrêt définitif du réacteur. ♦

a. Reactor Harmonization Working Group : groupe de travail sur l'harmonisation des réacteurs de WENRA.

b. Safe Long Term Operation of Nuclear Power Plants, n° 57 de la collection Rapports de sûreté de l'AIEA (2008).

Qui sont les membres de WENRA ?

Organisation indépendante créée en 1999, WENRA (Western European Nuclear Regulators' Association) rassemble les chefs des Autorités de sûreté nucléaire européennes dans le but d'harmoniser les exigences en matière de sûreté nucléaire dans l'ensemble des pays membres : Allemagne, Belgique, Bulgarie, Espagne, Finlande, France, Hongrie, Italie, Lituanie, Pays-Bas, République Tchèque, Roumanie, Royaume-Uni, Slovaquie, Slovénie, Suède, et Suisse. À ces membres s'ajoutent des observateurs qui participent régulièrement aux réunions de l'association : Arménie, Autriche, Danemark, Fédération de Russie, Irlande, Luxembourg, Norvège, Pologne et Ukraine.

EN QUESTION

La poursuite de fonctionnement
des centrales nucléaires au-delà de 40 ans



© IAEA

L'AIEA MOBILISÉE SUR LA SÛRETÉ D'EXPLOITATION À LONG TERME

Entretien avec Robert Krivanek, administrateur chargé de la sûreté au département de la sûreté et de la sécurité nucléaires de l'AIEA

Contrôle : Comment l'AIEA interagit-elle avec les Autorités de sûreté nucléaire des différents États membres et les exploitants ?

Robert Krivanek : L'Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA) contribue à la sûreté de l'exploitation à long terme des centrales nucléaires dans trois domaines fondamentaux. Le premier est l'élaboration de normes fondamentales de sûreté et autres documents d'orientation relatifs à l'exploitation à long terme (voir encadré).

Le second vise à faciliter l'échange d'informations et l'établissement de bases de données, par le biais notamment du programme IGALL^a qui présente les approches de la maîtrise du vieillissement dans les États membres.

Le troisième volet concerne la fourniture d'un service d'examen par des pairs sur les aspects

de la sûreté de l'exploitation à long terme (SALTO). Ce service a été mis en place en 2005 pour appuyer les États membres dans leurs activités concernant la sûreté de l'exploitation à long terme. Ses résultats, conclusions et recommandations visent à aider les décideurs nationaux, qui sont seuls responsables de la réglementation et de la sûreté en la matière. Les centrales et les Autorités de sûreté de seize États membres exploitant 166 centrales en ont déjà bénéficié.

L'examen international par des pairs constitue un outil précieux permettant aux États membres de partager leurs expériences, d'apprendre les uns des autres et d'appliquer les bonnes pratiques pour gérer l'exploitation à long terme des centrales nucléaires. C'est également un mécanisme important par lequel l'AIEA aide les États membres à renforcer la sûreté des centrales. Conçu

comme un service complet d'examen de la sûreté, il aborde directement la stratégie et les principaux éléments de la sûreté de l'exploitation à long terme des centrales. Il vise à aider les exploitants à adopter une approche adéquate de l'exploitation à long terme et à mettre en œuvre des activités complètes et adaptées pour assurer la sûreté de leurs centrales pendant la période d'exploitation à long terme. Il peut également aider les Autorités de sûreté à élaborer ou à améliorer les stratégies concernant la réglementation et l'autorisation de l'exploitation à long terme des centrales nucléaires.

Des ateliers ont été mis en place depuis 2012 pour préparer les missions SALTO et présenter les normes de sûreté de l'AIEA.

Comment le message de l'AIEA sur l'exploitation à long terme est-il transposé dans les politiques nationales en matière de sûreté ?

La manière de mettre en œuvre les normes de sûreté de l'AIEA sur l'exploitation à long terme et le vieillissement varie considérablement d'un État membre à l'autre. Pour l'élaboration de leurs réglementations nationales, certains reprennent intégralement (Pays-Bas) les documents de l'AIEA, comme le NS-G-2.12, le rapport de sûreté n° 57 et celui sur le programme IGALL, tandis que d'autres s'en inspirent à titre d'orientation (Canada, République tchèque, Slovaquie), y font référence dans leurs réglementations et dans leurs activités sur les centrales nucléaires (Brésil, Mexique, Hongrie, Bulgarie, Suède, Belgique, Corée) ou encore s'en servent comme outil d'amélioration.

Les dernières comparaisons établies concernant les prescriptions réglementaires nationales pour la maîtrise du vieillissement et l'exploitation à long terme dans dix-huit États membres sont consultables dans le rapport final du programme IGALL^b sur les approches de la maîtrise du vieillissement dans les États membres. ♦

a. International Generic Ageing Lessons Learned.

b. Approaches to Ageing Management in Member States: International Generic Ageing Lessons Learned (IGALL) Final Report, IAEA, 2014.

Principaux documents de l'AIEA concernant l'exploitation à long terme et la gestion du vieillissement

- SSR-2/1 Sûreté des centrales nucléaires : conception (en particulier prescription 31 sur la gestion du vieillissement).
- SSR-2/2 Sûreté des centrales nucléaires : mise en service et exploitation (en particulier prescriptions 13, 14, 15 et 16, consacrées respectivement à la qualification des équipements, à la gestion du vieillissement avec relevés et rapports, et au programme d'exploitation à long terme).
- NS-G-2.12 Gestion du vieillissement des centrales nucléaires : recommandations pour la gestion du vieillissement des structures, systèmes et composants.
- SSG-25 Examen périodique de la sûreté : recommandations et orientations pour la réalisation d'examen périodiques de la sûreté des centrales nucléaires en exploitation. Éléments concernant l'exploitation à long terme dans les sections 3 (qualification des équipements) et 4 (vieillessement).
- Rapport de sûreté n° 57 Sûreté de l'exploitation à long terme des centrales nucléaires : informations sur les principales considérations et activités techniques nécessaires pour assurer la sûreté de l'exploitation à long terme des centrales nucléaires dans le respect des prescriptions réglementaires.
- Rapport de sûreté n° DD1085 Gestion du vieillissement des centrales nucléaires : enseignements tirés du vieillissement générique au niveau international (IGALL) : base technique pour l'élaboration et la mise en œuvre de programmes de gestion du vieillissement et pour l'examen de cette question pendant la durée de vie initiale prévue et pendant l'exploitation à long terme.



NRC-ASN : DES APPROCHES DIFFÉRENTES DE LA POURSUITE DE FONCTIONNEMENT DES RÉACTEURS

Par Rachel Vaucher, chargée d'affaires au bureau réexamen, agression et matériel à la direction des centrales nucléaires de l'ASN, mise à disposition pendant trois ans à la Nuclear Regulatory Commission (États-Unis), dont dix-huit mois dans le département du renouvellement de licence des réacteurs

Contrairement à la France, où l'autorisation de création d'une installation nucléaire est délivrée sans limite de temps, aux États-Unis, la licence de fonctionnement d'un réacteur est délivrée à l'exploitant pour une durée initiale de 40 ans. Celui-ci doit ensuite déposer une demande de prolongation de licence de 40 à 60 ans auprès de l'Autorité de sûreté américaine – la *Nuclear Regulatory Commission* (NRC) –, puis une demande de renouvellement de sa prolongation de licence au-delà de 60 ans. Les réacteurs américains sont un peu plus vieux que les réacteurs français. Aujourd'hui, les licences ont donc déjà été renouvelées pour plus des trois quarts du parc pour aller de 40 à 60 ans, et le dernier quart est en cours de renouvellement. Un mouvement entamé dans les années 1990. La NRC commence dès à présent à travailler sur des dossiers de prolongation de renouvellement de licence de 60 à 80 ans.

Renouvellement de licence d'un côté, réexamen périodique de sûreté de l'autre

En France, si la création d'une installation est autorisée sans limite de temps, la poursuite de son fonctionnement est soumise tous les dix ans à un réexamen de sûreté. Cet examen comporte deux volets : la vérification de l'état de l'installation et de sa conformité avec le référentiel applicable, mais aussi la réévaluation de la sûreté des réacteurs afin d'améliorer leur niveau de sûreté à l'aune de celui des réacteurs les plus récents, en l'occurrence l'EPR. Aux États-Unis, le renouvellement de licence se fait par rapport au référentiel applicable au moment de la conception de l'installation. À ce prérequis s'ajoute un programme de suivi du vieillissement des matériels et composants suivi et contrôlé par la NRC. Celle-ci émet dans ce cadre un certain nombre de documents de référence (*Generic Aging Lessons Learned Report*, ou *GALL report*)

revus en moyenne tous les cinq ans, sur la base desquels l'exploitant s'appuie pour établir son dossier de renouvellement de licence. Le processus de renouvellement de licence passe d'abord par une phase documentaire, suivie d'inspections sur le site pour vérifier que les programmes de maîtrise du vieillissement effectivement mis en œuvre sont cohérents avec ce qui est décrit et que les composants sélectionnés au titre du vieillissement sont pertinents... Dans le cadre d'une prolongation de licence de 60 à 80 ans, la NRC étudie avec l'exploitant les besoins de R&D pour consolider ce qui a été fait pour le passage de 40 à 60 ans.

Des prescriptions plus détaillées, pour un parc plus hétérogène

Les documents de référence de la NRC concernant la maîtrise de vieillissement sont extrêmement détaillés, par comparaison à la réglementation française qui décrit surtout le processus de réexamen. Cela tient sans doute à la grande hétérogénéité du parc américain constitué de plus d'une dizaine de réacteurs différents, et à la multiplicité de ses exploitants, qui a conduit la NRC à beaucoup plus formaliser ses attentes. Le renouvellement de licence de chaque réacteur est ensuite examiné à l'aune de ces documents.

En France, nous n'avons qu'un seul exploitant, EDF, dont le parc est très homogène. Cette standardisation nous a conduits à adopter une approche différente, avec une phase d'instruction générique, déclinée ensuite réacteur par réacteur. Depuis les années 2000 et à la demande de l'ASN, EDF a ainsi élaboré un document générique identifiant les mécanismes de vieillissement de l'ensemble de ses réacteurs et décrivant ses pratiques en termes de contrôle, de maintenance et de remplaçabilité des composants. Ce document constitue en quelque sorte le pendant du *GALL report* de la NRC, à la différence qu'il est porté par l'exploitant. Charge ensuite à l'ASN de l'évaluer pour

juger si les études menées et les dispositions mises en œuvre sont adaptées et suffisantes. La démarche générique proposée par EDF et validée par l'ASN sera ensuite appliquée réacteur par réacteur. Les sites devront donc s'approprier les documents génériques rédigés par les services nationaux d'EDF. Cela explique que les échelles de temps ne soient pas les mêmes. Ainsi, le processus de renouvellement de licence d'un réacteur dure en moyenne entre vingt-deux mois et trente mois aux États-Unis. En France, la phase générique du réexamen de sûreté s'étale sur cinq ans puis au moins un an s'écoule entre la visite décennale du réacteur et la décision de l'ASN qui en découle.

Une grande culture de la transparence

La NRC pratique beaucoup de réunions publiques. Ainsi, les réunions de mise à jour de certains documents avec les représentants des exploitants, tout comme celles de l'*Advisory Committee on Reactor Safeguards* – équivalent américain du Groupe permanent d'experts pour les réacteurs nucléaires de l'ASN –, sont publiques. Un premier passage devant ce comité a lieu au milieu de l'instruction par la NRC du renouvellement de licence. Les points en suspens sont à nouveau abordés après une première étude du dossier de l'exploitant par la NRC. Pendant ces comités, les associations peuvent s'exprimer et poser des questions. Cette culture de la transparence existe depuis longtemps et ces pratiques font maintenant partie de la routine aux États-Unis.

Il arrive aussi parfois, plus rarement, que le renouvellement de licence soit remis en cause par la société civile. Cela donne alors lieu à une consultation du public par le biais des fameuses « *hearings* », auditions très poussées au cours desquelles la NRC comme l'exploitant doivent répondre aux questions du public devant des juges extérieurs, qui se prononcent sur la recevabilité de la demande du public. ♦



EN QUESTION

La poursuite de fonctionnement
des centrales nucléaires au-delà de 40 ans



© NRC

L'EXAMEN DU RENOUVELLEMENT DE LICENCE D'EXPLOITATION PAR LA NRC

Entretien avec Allen L. Hiser, conseiller technique pour le renouvellement des autorisations d'exploitation. Département du contrôle des réacteurs nucléaires de la Nuclear Regulatory Commission (États-Unis)

Contrôle : Comment la NRC procède-t-elle pour évaluer le vieillissement d'un système, structure ou composant (SSC) dans le cadre du renouvellement d'une autorisation ?

Allen L. Hiser : le renouvellement d'une autorisation est régi par la partie 54 du titre 10 du code des règlements fédéraux (10 CFR Part 54), intitulée « Prescriptions relatives au renouvellement d'une autorisation d'exploitation pour une centrale nucléaire ». Ce texte décrit le contenu de la demande de renouvellement d'autorisation (License Renewal Application – LRA^a), et les critères que la NRC applique pour évaluer cette demande^b. Les aspects de la LRA qui concernent directement la maîtrise du vieillissement d'un SSC sont l'évaluation intégrée de la centrale (IPA) et une évaluation des analyses de vieillissement limitées dans le temps (TLAA)^c. La démarche adoptée par la NRC pour apprécier la maîtrise du vieillissement est décrite au chapitre 19 de *Approaches to Ageing Management for Nuclear Power Plants*^d.

L'objectif de l'IPA est de démontrer que les effets du vieillissement sur les SSC concernés par le renouvellement d'autorisation seront correctement gérés pendant la période de prolongation d'exploitation (PEO), de sorte que les fonctions prévues pour ces SSC resteront conformes aux conditions fixées dans le dossier d'autorisation d'exploitation (CLB). Cette évaluation est importante pour déterminer les éventuelles nouvelles activités ou changements aux programmes existants qui doivent être mis en place pour maîtriser les effets du vieillissement durant la PEO. Les SSC concernés par le renouvellement d'autorisation sont d'une part, ceux qui sont importants pour la sûreté, d'autre part, ceux qui ne sont pas importants pour la sûreté, mais dont la défaillance pourrait affecter l'aptitude des SSC importants pour la sûreté à assurer leurs fonctions de sûreté, ou, enfin, ceux sur lesquels se fondent les analyses de sûreté pour assurer une fonction nécessaire

au respect de la réglementation édictée par la NRC concernant la protection incendie, la qualification environnementale, les chocs thermiques sous pression, les transitoires sans arrêt d'urgence et la perte des alimentations électriques de la centrale. Les structures et composants concernés par le renouvellement d'autorisation sont examinés s'ils sont « passifs » et « de longue durée ». Dans ce cas, ils sont soumis à un examen de la maîtrise du vieillissement (AMR).

Les critères relatifs à la maîtrise du vieillissement appliqués par la NRC pour renouveler une autorisation sont les suivants : il doit exister une assurance raisonnable que les effets du vieillissement seront maîtrisés durant la PEO afin de maintenir les fonctionnalités des structures et composants concernés par le renouvellement d'autorisation et que, pour les TLAA, soit ces analyses restent valables pour la PEO, soit elles couvrent toute cette période, soit les effets du vieillissement sur la ou les fonctions prévues seront correctement pris en compte durant la PEO.

L'examen mené par la NRC repose sur une combinaison d'inspections et d'enquêtes, ainsi que sur une évaluation approfondie de la LRA, comme décrit dans le chapitre 19 du document IAEA-TECDOC-1736.

Plusieurs centrales sont aujourd'hui exploitées au-delà des quarante années prévues par l'autorisation initiale, quel est votre constat ?

Fin 2014, trente-huit réacteurs seront en exploitation aux États-Unis plus de 40 ans après leur mise en service. À ce jour, les inspections relatives au renouvellement des autorisations menées dans les centrales dont l'autorisation a été renouvelée n'ont permis de tirer que peu de découvertes notables, voire aucune. Ce constat s'applique notamment aux équipements internes des cuves des réacteurs à eau sous pression (REP), où peu de problèmes ont été identifiés.

Quelles évolutions mises ont été apportées au processus de renouvellement des autorisations ?

Au cours des cinq dernières années, le processus et les exigences de renouvellement d'autorisation ont peu évolué. Les principaux changements concernent les résultats de retour d'expérience d'exploitation des centrales, qui ont permis de déterminer des domaines spécifiques nécessitant une maîtrise renforcée du vieillissement, tel que décrit dans les révisions du *Generic Aging Lessons Learned (GALL) Report*^e et du plan standard d'examen pour le renouvellement d'autorisation^f. À titre d'exemple, on peut citer les programmes de maîtrise du vieillissement pour les tuyauteries et réservoirs enterrés (voir chapitre XI.M41 du NUREG-1801, révision 2) et les matériaux neutrophages utilisés dans les piscines d'entreposage des combustibles usés (voir chapitre XI.M40 du NUREG-1801, révision 2).

Quelles sont les perspectives de la NRC concernant la prolongation de l'exploitation au-delà de 60 ans ?

La NRC élabore actuellement des guides techniques (rapport GALL et SRP-LR)^f afin d'examiner la possibilité d'autoriser les centrales à demander un renouvellement de leur autorisation d'exploitation afin de continuer à produire de l'électricité au-delà de 60 ans. Cette procédure est appelée « renouvellement ultérieur d'autorisation » (SLR). La NRC a indiqué aux exploitants qu'ils étaient responsables du développement des données techniques démontrant que leur centrale pourra être exploitée de façon sûre pour ce renouvellement. Elle évaluera la pertinence de ces données techniques. À part cela, la réglementation et le processus réglementaire applicables au renouvellement de type SLR seront identiques à ceux présentés plus haut, conformément au titre 10, partie 54, du code des règlements fédéraux^g. ☞

a. Voir section 21 : 10 CFR Part 54.21.

b. Voir section 29, 10 CFR Part 54.29.

c. Voir section 3, 10 CFR Part 54.3, et section 21, paragraphe c, 10 CFR Part 54.21(c).

d. IAEA-TECDOC-1736, avril 2014.

e. NUREG-1801, révision 2.

f. SRP-LR ; NUREG-1800, révision 2.

g. 10 CFR Part 54.





AU-DELÀ DE QUARANTE ANS : L'ÉNORME RESPONSABILITÉ DE L'ASN

Par Yannick Rousselet, chargé de campagne nucléaire de Greenpeace France

À la suite des promesses électorales du président de la République, la loi sur la transition énergétique prévoit la diminution de la part de l'électricité d'origine nucléaire de 75 % à 50 %. Un défi de taille est donc à relever, celui de rendre cohérent la politique énergétique, le calendrier réglementaire tout en augmentant le niveau de sûreté du parc nucléaire français dans un contexte économique très difficile. Au-delà de l'orientation de la politique énergétique, c'est l'ASN qui seule aura l'entière responsabilité de la décision. De son côté, le Gouvernement doit tenir ses engagements en dotant l'ASN des ressources humaines et financières nécessaires à l'accomplissement de la tâche qui l'attend. Il doit doter l'ASN d'un pouvoir de sanctions graduées efficace permettant de contraindre les exploitants à respecter ses prescriptions et réglementations.

Une phase critique pour l'avenir énergétique et la sûreté nucléaire

Construit sur une période d'une dizaine d'années environ, le parc nucléaire français approche de la limite considérée comme son dimensionnement initial de – maximum – 40 ans. Cette situation crée un « effet de falaise » où une série importante de réacteurs va être confrontée à des conditions réglementaires et industrielles dans une période très courte (trop courte?). Plus de la moitié des réacteurs atteindront leur limite d'âge avant 2025. EDF rêve de prolonger ses réacteurs pour une durée de vie de 50, voire 60 ans. Or le retour d'expérience dans ce domaine est très faible puisque, dans le monde, les réacteurs ont été fermés, jusqu'à présent, à la moyenne de 24 ans de fonctionnement. Quelques réacteurs en service ont atteint ou dépassé une durée de vie de 40 ans, mais aucun n'a encore fonctionné plus de 45 ans.

Le réacteur Tricastin 1 sera le premier sur la liste, il devra subir son processus complet de réévaluation de sûreté comprenant sa quatrième visite décennale avant, au maximum, février 2020. Et c'est pendant la même période que deux réacteurs de 900 MW, que ce soit Fessenheim ou deux autres, devront être fermés, avec toute la procédure que cela implique. Nous entrons donc dans une phase extrêmement critique. Phase critique pour l'avenir énergétique, phase critique pour la sûreté et donc une phase très critique pour l'ASN qui va devoir faire face à un calendrier qui impose des décisions engageant la sûreté de la France.

Une exigence de sûreté

Comme l'a rappelé très régulièrement le président de l'ASN, le niveau de sûreté des réacteurs qui prétendent prolonger leur durée de vie devra être équivalent à celui de la génération III (EPR). Bien que ce niveau, pour Greenpeace, soit encore insuffisant, il reste pour le moins très improbable qu'il puisse être atteint de manière correcte sur la plupart des réacteurs de 900 MW sans un compromis discutable de la part de l'ASN. Ce qui serait, bien entendu, totalement inacceptable. L'exemple de la modification du radier de Fessenheim en est une parfaite illustration : le dispositif qui a été construit, faute d'autre solution sinon l'arrêt des réacteurs, n'est pas du tout du niveau du récupérateur de corium de l'EPR. Nous serons particulièrement attentifs au comportement de l'exploitant EDF, mais aussi à celui de l'ASN qui devra mettre en cohérence ses paroles et ses actes.

La question des coûts

Les investissements qu'EDF devra faire si elle veut prolonger la vie de ses réacteurs seront quasiment du même ordre que ceux liés aux coûts de nouvelles constructions. Même si EDF n'a pas communiqué

en détail la liste des opérations à réaliser et leurs coûts et malgré les incertitudes sur les exigences que l'ASN va demander à EDF, dans un scénario nécessaire d'exigences élevées, l'exploitant devra déboursier aux alentours de 4,5 milliards d'euros par réacteur, une somme colossale. Des investissements très lourds devront être réalisés, comme par exemple la « bunkérisation » des piscines de désactivation des combustibles.

Dans les parutions officielles de l'ASN apparaît très régulièrement la phrase : « Dans des conditions économiquement acceptables ». Or l'Autorité ne dispose aujourd'hui d'aucun moyen d'investigation ou de jugement de ce critère très subjectif. En clair, seul l'exploitant connaît les chiffrages de ses coûts d'investissement. L'ASN ne devra donc avoir comme seul critère que la sûreté des installations et aucun critère économique ne devra l'influencer. La sûreté ne se marchande pas. Soit une modification n'est pas nécessaire, soit elle l'est quel que soit son coût. La sûreté des réacteurs français est à ce prix-là!

En conclusion

Greenpeace rappelle que, au regard des perspectives de stagnation ou très faible augmentation de la consommation électrique et de la diminution programmée de la part d'électricité d'origine nucléaire en 2025, la solution la plus simple et la plus sage consiste à ne prolonger aucun des réacteurs au-delà de ses 40 ans.

L'ASN a redoré son blason depuis la loi TSN et sa manière de communiquer sur l'accident de Fukushima. Elle est maintenant à l'épreuve des faits. Elle doit afficher ses exigences sans aucune concession auprès des exploitants, et n'accepter aucun marchandage. Les années qui viennent devront être celles qui montreront sa véritable nature : son indépendance. ♣



RETOUR D'EXPÉRIENCE

La maîtrise du risque incendie



© EDF/PHILIPPE BOULLIER

Quatre-vingts départs de feu se produisent en moyenne chaque année sur l'ensemble des réacteurs d'EDF en exploitation. Bien que seuls trois ou quatre d'entre eux donnent effectivement lieu à des incendies et qu'aucun n'ait, à ce jour, jamais entraîné de grave problème de sûreté, il n'en demeure pas moins que le risque incendie est l'un des plus probables parmi les événements susceptibles d'affecter une installation nucléaire. Ses conséquences, difficilement prévisibles, peuvent avoir un impact majeur sur la sûreté de l'installation, la sécurité des travailleurs et du public, et l'environnement. Applicable depuis le 1^{er} juillet 2014, la décision relative aux règles applicables aux INB pour la maîtrise du risque lié à l'incendie est venue renforcer le niveau d'exigence face à ce risque. Après une présentation des principes qui ont guidé son élaboration, *Contrôle* a souhaité revenir sur deux événements en particulier : l'incendie du silo 130 de l'usine de La Hague, en janvier 1981, et celui d'un transformateur sur la centrale nucléaire de Cattenom, en juin 2013.

29

La maîtrise du risque incendie dans les installations nucléaires : des objectifs particuliers, des exigences réglementaires accrues

Par Jean-Pierre Cayla, chargé de mission incendie et inspecteur de la sûreté nucléaire à l'ASN

34

Les conséquences de l'incendie du 6 janvier 1981

dans le silo 130 de l'établissement de La Hague

Par Julien Jacquet-Francillon, chargé d'affaires à la direction des déchets, des installations de recherche et du cycle de l'ASN

37

Retour sur l'incendie d'un transformateur sur la centrale de Cattenom

Par Francis Matarozzo, expert incendie en appui aux CNPE, au sein du Groupe performance sûreté nucléaire de l'Unité d'ingénierie d'exploitation chez EDF



LA MAÎTRISE DU RISQUE INCENDIE DANS LES INSTALLATIONS NUCLÉAIRES: DES OBJECTIFS PARTICULIERS, DES EXIGENCES RÉGLEMENTAIRES ACCRUES

Par Jean-Pierre Cayla, chargé de mission incendie et inspecteur de la sûreté nucléaire à l'ASN

L'essentiel

Parmi les événements susceptibles de se produire dans une installation nucléaire et d'avoir un impact sur la sûreté, l'incendie est le plus probable et représente un risque potentiellement majeur. Il peut en effet endommager des éléments essentiels au maintien de la sûreté, ou conduire à une rupture de confinement et donc à la dispersion de substances radioactives dans l'installation, voire dans l'environnement. Ce risque doit donc être pris en compte dès la conception de l'installation et tout au long de son exploitation. Des enjeux qui justifient à eux seuls la mise en place d'un cadre réglementaire toujours plus exigeant, tenant compte du retour d'expérience et des meilleurs standards européens. C'est tout l'objet de la décision relative aux règles applicables aux installations nucléaires de base (INB) pour la maîtrise des risques liés à l'incendie élaborée par l'ASN, dite décision « Incendie ». Homologuée par arrêté ministériel le 20 mars 2014, elle est applicable depuis le 1^{er} juillet 2014.

Du fait de la présence de substances radioactives, les priorités de la protection contre l'incendie sur les installations nucléaires de base (INB) diffèrent de celles relatives aux installations industrielles classiques. Ses objectifs sont de trois ordres :

- › le maintien des différentes fonctions de sûreté (contrôle de la réactivité pour éviter la survenue d'une réaction en chaîne incontrôlée, contrôle du confinement, refroidissement du combustible nucléaire) ;
- › la limitation de la dispersion de la substance radioactive ;
- › la limitation des conséquences radiologiques pour les travailleurs, le public et l'environnement.

Quelle démarche pour répondre à ces objectifs ?

Afin de se prémunir contre l'incendie, l'exploitant doit mener une analyse de sûreté dans laquelle il identifie les risques liés à l'incendie, d'origine interne ou externe à l'installation. Cette analyse doit également présenter les dispositions de conception ou d'exploitation permettant de prévenir l'occurrence d'un incendie et d'en limiter les conséquences s'il se produisait.

Comme pour tous les risques touchant à la sûreté d'une installation nucléaire, la démarche adoptée en matière de maîtrise des risques liés à l'incendie s'appuie sur le principe de défense en profondeur¹. Celui-ci consiste à mettre en place plusieurs lignes de défense successives pour protéger l'installation contre le risque identifié.

- › **La prévention** d'abord, qui consiste à éviter tout départ de feu en limitant autant que possible

la quantité de matières combustibles présentes dans les locaux (choix des matériaux, limitation et ségrégation des sources d'allumage et des charges calorifiques...).

- › **La surveillance permanente de l'installation** ensuite, doit permettre, grâce à une instrumentation appropriée et fiable, de détecter et d'éteindre le plus rapidement possible le moindre départ de feu. Cette action de surveillance concerne également la vérification du bon état de fonctionnement des différents systèmes de protection (détecteurs incendies, systèmes d'extinction automatique), au travers de programmes de maintenance et d'essais réguliers.
- › **La limitation des conséquences** est le troisième niveau de défense. Il s'agit ici d'empêcher, par des moyens de sectorisation, l'aggravation et la propagation de l'incendie qui n'aurait pas pu être maîtrisé : découpage de l'installation en secteurs conçus pour circonscrire le feu dans un périmètre déterminé, séparation géographique des matériels participant de façon redondante à une même fonction de sûreté...
- › **L'intervention enfin, par des équipes formées et régulièrement entraînées à la lutte contre l'incendie**, disposant du matériel adéquat et connaissant bien le site. Les modalités de cette intervention doivent être prises en compte dès la conception de l'installation (accès des secours).





RETOUR D'EXPÉRIENCE

La maîtrise du risque incendie



Les contraintes spécifiques au milieu nucléaire

La première particularité d'un incendie en milieu nucléaire est la présence de substances radioactives. L'incendie peut alors conduire à une mise en suspension et à une dissémination de ces substances, générant ainsi une exposition incontrôlée des travailleurs, voire un rejet de substances radioactives dans l'environnement. La problématique qui se pose est alors celle de la radioprotection des intervenants. De plus, le choix des agents extincteurs doit être de nature à ne pas entraîner de problème de criticité lié à une réaction en chaîne incontrôlée (matières fissiles). Enfin, les effluents générés par les dispositifs d'extinction, notamment l'eau lorsque son usage est autorisé, doivent faire l'objet de dispositifs de rétention afin de ne pas entraîner de rejet de substances dans l'environnement.

Autre spécificité des incendies dans les installations nucléaires : leur développement

en milieu confiné. La manipulation de substances radioactives requiert leur confinement dans des conditionnements, équipements et locaux présentant un niveau d'étanchéité adapté. Ce confinement peut amplifier les effets d'un incendie (effets de pression et de montée en température, risque de combustion incomplète et de ré-inflammation des gaz imbrûlés).

En complément du confinement statique des substances radioactives, les installations nucléaires sont dotées de systèmes de ventilation et de filtration de l'air. En situation d'incendie, les variations de pression et de température peuvent affecter la circulation d'air ; les filtres et les conduits de ventilation peuvent être endommagés, générant des transferts d'aérosols radioactifs dans l'installation, voire dans l'environnement. Le pilotage de la ventilation en cas d'incendie nécessite donc une étude spécifique et l'établissement de règles préétablies permettant d'éviter la propagation de l'incendie et de

faciliter l'intervention, tout en maîtrisant ses conséquences, notamment en terme de confinement.

L'incendie dans le nucléaire est difficile à combattre. C'est pourquoi l'accent doit être mis sur le premier niveau du principe de défense en profondeur : la prévention du départ de feu.

Des exigences réglementaires accrues : la décision « Incendie » de l'ASN

La maîtrise du risque incendie dans les INB faisait l'objet de dispositions réglementaires prévues par l'arrêté du 31 décembre 1999 modifié fixant la réglementation technique générale destinée à prévenir et limiter les nuisances et les risques externes résultant de l'exploitation des INB. Cet arrêté a été abrogé, depuis le 1^{er} juillet 2013, par l'arrêté du 7 février 2012 fixant les règles générales relatives aux INB.

Dans le cadre de la réforme réglementaire engagée en application de la loi TSN, l'ASN a souhaité élaborer une décision, fondée sur les dispositions existantes, en approfondissant et en actualisant certains points. Ainsi, un groupe de travail a été créé, associant des représentants de l'ASN^a et de l'IRSN, afin d'élaborer un projet de décision concernant la maîtrise des risques liés à l'incendie, s'appuyant sur les meilleures pratiques disponibles. Ce projet de décision a fait l'objet de deux consultations publiques, en décembre 2012 et en septembre 2013. Après avis favorable du Conseil supérieur de la prévention des risques technologiques, la décision n° 2014-DC-0417 de l'ASN du 28 janvier 2014^b relative aux règles applicables aux INB pour la maîtrise des risques liés à l'incendie a été homologuée par l'arrêté ministériel du 20 mars 2014. Elle est applicable depuis le 1^{er} juillet 2014, hormis six articles qui traitent de dispositions techniques nouvelles et ne seront applicables qu'au 1^{er} janvier 2017.

Le contenu du texte

La décision s'articule en quatre titres. Le premier concerne les dispositions générales. Il définit un certain nombre de termes et décrit les objectifs de la démarche de maîtrise des risques liés à l'incendie que l'exploitant doit mettre en œuvre. Il précise en outre que c'est à l'exploitant d'identifier, sur la base de la démonstration de sûreté qu'il a établie pour son installation, les éléments

a. Autorité de sûreté nucléaire de défense

b. Parue au Journal officiel du 2 avril 2014 (NOR DEVP1405062A).

LES ÉLÉMENTS QUI ONT AMENÉ L'ASN À ÉLABORER LA DÉCISION INCENDIE

Considérant qu'un incendie dans une installation nucléaire de base peut avoir des conséquences importantes sur la sûreté ;

Considérant que l'arrêté du 31 décembre 1999 modifié fixant la réglementation technique générale destinée à prévenir et limiter les nuisances et les risques externes résultant de l'exploitation des installations nucléaires de base, notamment son titre VI-B, comprenait des dispositions réglementaires détaillées relatives aux risques liés à l'incendie ;

Considérant que l'arrêté du 7 février 2012 susvisé, qui a remplacé les anciens arrêtés réglementaires relatifs aux INB et notamment l'arrêté du 31 décembre 1999, prescrit la prise en compte des risques d'incendie tout en laissant à des décisions réglementaires de l'ASN le soin de préciser les modalités correspondantes ;

Considérant que les spécificités techniques présentées par les stockages de déchets radioactifs en couche géologique profonde pourront faire l'objet de dispositions particulières en matière de maîtrise des risques liés à l'incendie ;

Considérant que l'association WENRA des chefs des Autorités de sûreté européennes a adopté, en janvier 2008, des niveaux de référence relatifs à la protection contre les risques d'incendie qu'il convient d'intégrer dans la réglementation française ;

Considérant que, dans une décision à caractère réglementaire, l'Autorité de sûreté nucléaire a vocation à préciser le contenu du rapport de sûreté des installations nucléaires de base, et que l'encadrement de la démonstration de maîtrise des risques liés à l'incendie sera assuré par cette décision. [...]

Extrait de la décision n° 2014-DC-0417 du 28 janvier 2014, relative aux règles applicables aux installations nucléaires de base pour la maîtrise des risques liés à l'incendie

importants pour la protection (EIP)^c à protéger des effets d'un incendie et les dispositions à prendre pour assurer cette protection. Enfin, il rappelle que ces dispositions doivent faire l'objet de contrôles et d'essais périodiques.

Les trois titres suivants détaillent les dispositions à prendre selon les différents niveaux définis par le concept de défense en profondeur. Le titre II est ainsi consacré à la prévention des départs de feu et aborde notamment les aspects liés aux matériaux de construction et d'aménagements, à la gestion des matières combustibles, aux plans de prévention et permis de feu et à la prévention des départs de feu d'origine électrique ou électrostatique.

Le titre III s'intéresse aux dispositions de détection et d'intervention contre l'incendie : dispositifs de détections, moyens d'intervention et de lutte contre l'incendie (infrastructures, organisation opérationnelle, voies d'accès et de circulation).

Enfin, le titre IV traite des dispositions visant à éviter la propagation de l'incendie et à limiter ses conséquences (sectorisation, résistance au feu des structures, ventilation et désenfumage, dispositifs de manœuvre).

Les objectifs de la refonte

La nouvelle décision reprend les prescriptions de l'arrêté du 31 décembre 1999 modifié. Elle intègre la doctrine de l'IRSN en matière d'analyse des risques liés à l'incendie dans les installations nucléaires (rapport DSU n° 240^d). Elle prend en outre en compte les niveaux de références européens adoptés par l'association WENRA^e. Si la majeure partie de ces niveaux de référence étaient déjà adoptée dans les pratiques françaises, des points concernant les EIP et le système de ventilation ont été ajoutés (voir encadré p. 33).

Enfin, la décision « Incendie » s'intègre dans l'ensemble du corpus réglementaire de l'arrêté INB du 7 février 2012, qui fixe les règles générales relatives aux installations nucléaires de base en France.

Son contenu a donc été mis en cohérence avec l'ensemble des décisions qui compléteront à terme cet arrêté. Il se focalise sur les dispositions à mettre en œuvre pour se prémunir contre l'incendie (prévention, détection, intervention). En revanche, les aspects ayant trait à l'évaluation de ce risque seront intégrés dans la décision consacrée au contenu des rapports de sûreté.

Ceux concernant les moyens extérieurs de lutte contre l'incendie et leur

VEILLE DE L'ASN SUR LES DERNIÈRES AVANCÉES DE LA RECHERCHE

L'ASN effectue également un travail de veille sur les travaux de recherche en matière de protection contre l'incendie. La recherche en matière de sûreté nucléaire et de radioprotection revêt en effet une importance capitale pour l'ASN, dont les décisions reposent sur une expertise technique robuste, elle-même nourrie des meilleures connaissances scientifiques et techniques. Pour identifier les axes de recherche qui contribueront à l'acquisition des connaissances nécessaires à l'expertise à laquelle elle recourra d'ici cinq, dix ou vingt ans, l'ASN dispose, depuis 2010, d'un comité scientifique, alimenté par un réseau de correspondants internes recherche. La question du risque incendie est une des thématiques identifiées.

Un mémoire sur l'état des lieux des recherches nationales et internationales en matière d'incendie a ainsi été réalisé. Ce travail a permis d'identifier un certain nombre de programmes de recherche en cours en matière de risque incendie appliqué au domaine de la sûreté :

- au plan national d'abord : Comportement des colis de déchets radioactifs en situation d'incendie (ANDRA/AREVA/CEA/EDF) ; Étude de chimie théorique sur la mise en suspension et le transfert du plutonium par la ventilation et les suies en cas d'incendie (IRSN/AREVA) ; Caractérisation des combustibles, des fumées et propagation de fumées (IRSN) ; Comportement des EIP à l'incendie (EDF/IRSN/DGA) ; Comportement des structures (CSTB/DGA) ; Moyens de détection gaz et flamme (INERIS) ; Moyens d'extinction (AREVA/IRSN)...
- au plan international également : Recherches allemandes sur un nouveau système de détection précoce des incendies permettant d'éviter les fausses alertes ; Étude de la NRC sur les feux de câbles (responsables de 37 % des incendies).

Parallèlement à ces études, les acteurs ont développé des outils de simulation incendie : on notera ainsi Sylvia et Isis pour l'IRSN, Magic et Saturn pour EDF, CDI pour le CEA, ou encore les deux programmes américains FDS (du NIST) et Firefoam (de FMG Global).

articulation avec les services internes à l'installation seront traités dans la décision « Situations d'urgence ».

Enfin, certains points environnementaux comme la rétention des eaux d'extinction relèvent dorénavant de la décision « Maîtrise des nuisances et de l'impact sur la santé et l'environnement ».

Quatre principes fondateurs

Quatre grands principes ont guidé l'élaboration de cette décision. Le premier est le renforcement du concept de défense en profondeur, tel que décrit plus haut. Le deuxième est l'affirmation d'une approche proportionnée aux enjeux. La proportionnalité par rapport aux enjeux et aux risques constitue, avec le principe de sûreté intégrée, l'une des lignes directrices de l'arrêté INB, que l'on retrouve dans la décision « Incendie ». Cela consiste à tenir compte des spécificités de chaque installation et à graduer les exigences pour que celles-ci soient proportionnées aux enjeux et aux risques supportés, qui ne sont évidemment pas

les mêmes pour un réacteur de puissance, une installation d'irradiation ou un laboratoire de recherche. Les deux derniers principes sont l'obligation de résultats et non de moyens, et son corollaire, la référence systématique à la démonstration de sûreté élaborée par l'exploitant. Cela se traduit par le passage d'une réglementation très prescriptive, détaillant de manière précise les différents moyens à mettre en œuvre par l'exploitant pour se prémunir contre l'incendie, à une réglementation davantage axée sur les résultats, qui fixe les objectifs sans préciser les moyens d'y parvenir.

Cette nouvelle approche part du principe que c'est à l'exploitant de proposer des solutions en fonction de ses propres contraintes d'exploitation. Rien ne sert d'imposer des prescriptions trop précises qui pourraient s'avérer insuffisantes dans certains cas et superflues dans d'autres.

c. Élément important pour la protection des intérêts mentionnés à l'article L. 593-1 du code de l'environnement (sécurité, santé et salubrité publiques, protection de la nature et de l'environnement), c'est-à-dire structure, équipement, système (programmé ou non), matériel, composant, ou logiciel présent dans une installation nucléaire de base ou placé sous la responsabilité de l'exploitant, assurant une fonction nécessaire à la démonstration [de sûreté nucléaire] mentionnée au deuxième alinéa de l'article L. 593-7 du code de l'environnement ou contrôlant que cette fonction est assurée.

d. Rapport DSU n° 240 de l'IRSN, paru en avril 2011 sur la « démarche d'analyse des risques d'incendie dans les installations nucléaires ».

e. Western European Nuclear Regulators' Association : association des Autorités de sûreté des dix-sept pays européens dotés de centrales nucléaires.





RETOUR D'EXPÉRIENCE

La maîtrise du risque incendie



C'est à l'exploitant d'argumenter ses choix techniques et de démontrer que les moyens qu'il met en place permettent d'atteindre les objectifs fixés. Cela pourra parfois le conduire à opter pour des solutions moins coûteuses, à condition qu'il démontre qu'elles sont suffisantes, mais aussi parfois à mener des études supplémentaires sur d'autres points nécessitant d'être approfondis.

De nouvelles dispositions techniques, applicables en 2017

La décision introduit un certain nombre de nouvelles dispositions techniques. Ces dernières ne seront applicables qu'en 2017 afin de laisser le temps aux exploitants de se mettre en conformité. Il s'agit notamment :

- de l'identification des EIP à protéger des effets d'un incendie et des exigences définies afférentes (article 1.3.1) ;
- de la protection contre l'incendie des EIP assurant une redondance fonctionnelle (article 4.1.2) ;
- de l'introduction de la notion de cheminement protégé^f (article 4.1.3) ;
- de la signalisation des différents secteurs et zones (article 4.1.5) : secteur de feu^g, zone de feu^h, secteur de confinementⁱ, cheminement protégé ;

- de la protection contre l'incendie des systèmes de ventilation (article 4.3.2) ;
- de l'accessibilité des dispositifs de manœuvre (article 4.4.1) ;

Le contrôle de l'ASN sur le terrain

Outre la formalisation des exigences réglementaires, l'ASN exerce un contrôle vigilant de leur bonne application sur le terrain. Objectif : s'assurer que le risque incendie est pris en compte dès la conception des installations nucléaires et tout au long de leur exploitation. Les analyses de sûreté sur les risques incendies effectuées par les exploitants pour la création de leur installation et validées par l'ASN sont actualisées à l'occasion des réexamens périodiques de sûreté, en prenant en compte le retour d'expérience. Les plans d'actions spécifiques aux risques liés à l'incendie mis en œuvre par les exploitants doivent en outre justifier que les organisations mises en place pour lutter contre l'incendie sont suffisantes.

Une cinquantaine d'inspections par an

Une cinquantaine d'inspections de terrain sont ainsi réalisées par l'ASN chaque année sur le thème de l'incendie. Elles ont

permis de constater que, d'une manière générale, la gestion du risque incendie par les exploitants des installations nucléaires s'est améliorée ces dernières années. Lors de ces inspections, les inspecteurs de l'ASN examinent en particulier les aspects de prévention et de lutte contre l'incendie, deux points qui nécessitent encore des efforts prononcés de la part des exploitants. Pour la prévention, la gestion des matières inflammables (échafaudages en bois, pots de peinture...) doit ainsi être améliorée. Pour la lutte contre l'incendie, l'accent doit être mis sur les synergies entre les moyens internes et les secours extérieurs. ❖

“C'est à l'exploitant d'argumenter ses choix techniques et de démontrer que les moyens qu'il met en place permettent d'atteindre les objectifs fixés.”

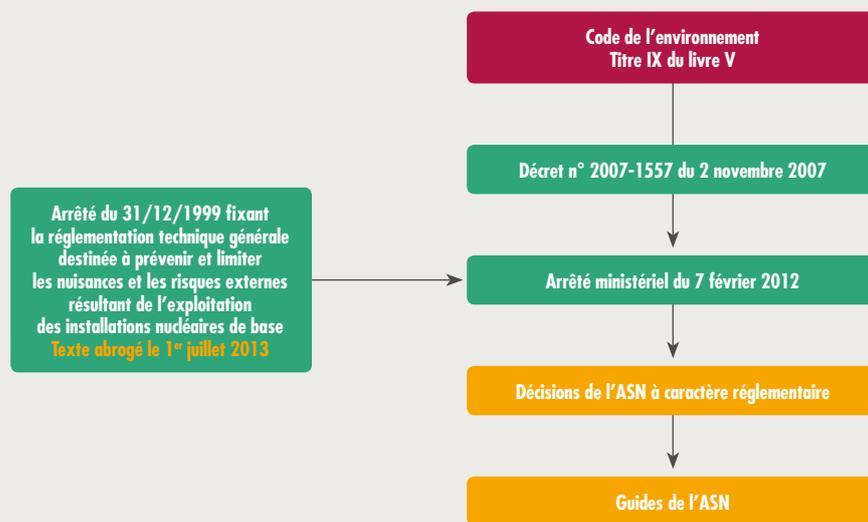
f. Cheminement nécessaire au personnel ainsi qu'aux services de secours pour accéder, en cas d'incendie, aux endroits nécessaires à l'atteinte et au maintien d'un état sûr de l'INB.

g. Volume délimité par des parois telles qu'un incendie survenant à l'intérieur ne puisse pas s'étendre à l'extérieur ou qu'un incendie survenant à l'extérieur ne puisse pas se propager à l'intérieur pendant une durée suffisante pour permettre son extinction.

h. Volume délimité par des frontières (séparation géographique ou paroi) telles qu'un incendie survenant à l'intérieur ne puisse pas s'étendre à l'extérieur ou qu'un incendie survenant à l'extérieur ne puisse pas se propager à l'intérieur pendant une durée suffisante pour permettre son extinction.

i. Volume dont les caractéristiques permettent d'assurer, en situation d'incendie, une limitation de la dispersion hors de ce volume des substances radioactives ou dangereuses, susceptibles de porter atteinte aux intérêts mentionnés à l'article L. 593-1 du code de l'environnement.

LE RÉGIME JURIDIQUE APPLICABLE AUX INB



1. Le concept de défense en profondeur consiste en une suite d'actions, d'équipements ou de procédures, regroupés en niveaux dont chacun a pour objectif de prévenir les dégradations susceptibles de conduire au niveau suivant et de limiter les conséquences de la défaillance du niveau précédent. Jacques Libmann, *Éléments de sûreté nucléaire*, Éditions de la physique.

NIVEAUX DE RÉFÉRENCE WENRA RELATIFS À LA PROTECTION CONTRE LES RISQUES INCENDIE

1. Objectifs fondamentaux de sécurité incendie

- **1.1** - L'exploitant doit appliquer le principe de défense en profondeur à la protection incendie, en prenant les mesures pour empêcher les départs de feu, détecter et éteindre rapidement tout feu se déclarant, et empêcher toute propagation d'incendie et leurs effets dans ou sur n'importe quelle zone pouvant affecter la sûreté.

2. Principes fondamentaux de conception

- **2.1** - Les éléments importants pour la sûreté doivent être conçus et positionnés de manière à minimiser la fréquence et les effets des incendies et à maintenir leur capacité à mettre à l'arrêt le réacteur, à évacuer la chaleur résiduelle, à confiner les éléments radioactifs, et la surveillance de l'état de l'installation pendant et après un incendie.

Élément nouveau repris dans la décision Incendie

- **2.2** - Les bâtiments qui contiennent des systèmes, structures et composants (SSC) importants pour la sûreté doivent être convenablement résistants au feu, conformément à l'étude de risque incendie.
- **2.3** - Les bâtiments qui contiennent des équipements importants pour la sûreté doivent être divisés en secteurs de feu qui isolent ces équipements du risque incendie et qui séparent les voies redondantes de systèmes de sûreté.

Élément nouveau repris dans la décision Incendie

Quand une approche par secteur de feu n'est pas raisonnablement possible, des zones de feu doivent être utilisées, fournissant un équilibre entre moyens actifs et passifs, comme justifié dans l'étude de risque incendie.

- **2.4** - Les bâtiments qui contiennent des substances radioactives qui pourraient causer des rejets radioactifs en cas d'incendie doivent être conçus de manière à minimiser de tels rejets.
- **2.5** - Les accès et sorties de secours pour les services de secours incendie et le personnel d'exploitation doivent être disponibles.

3. Étude de risques incendie

- **3.1** - Une étude du risque incendie doit être menée et tenue à jour pour démontrer que les objectifs de sûreté incendie sont atteints, que les principes de conception liés à la maîtrise du risque incendie sont satisfaits, que les mesures de protection incendie sont convenablement conçues, et que les dispositions administratives nécessaires sont correctement identifiées.
- **3.2** - L'étude de risque incendie doit être développée sur une base déterministe, couvrant au moins :
 - pour tous les états de fonctionnement en puissance et arrêt, un feu unique et son développement, partout où il y a des matériaux combustibles fixes ou en transit ;
 - toutes les combinaisons possibles de feu et d'autres événements initiateurs susceptibles de survenir, indépendamment du feu ;
- **3.3** - L'étude de risque incendie doit démontrer comment les conséquences d'un feu et de l'utilisation d'un système d'extinction ont été prises en compte.
- **3.4** - L'étude de risque incendie doit être complétée avec une analyse incendie probabiliste. Dans l'étude probabiliste de la sûreté de niveau 1, les feux doivent être évalués pour juger des arrangements sur la protection incendie et pour identifier les risques créés par les feux.

4. Systèmes de protection contre l'incendie

- **4.1** - Chaque secteur de feu ou zone de feu doit être équipé d'un système d'alarme et de détection incendie, avec une annonce détaillée de la localisation du feu pour l'équipe en salle de contrôle. Ces éléments doivent bénéficier d'une alimentation de puissance sécurisée non interruptible et de câblages antifeu appropriés.
- **4.2** - Des systèmes d'extinction manuels ou automatiques, mobiles ou fixes doivent être installés. Ils doivent être conçus et positionnés afin que leur dysfonctionnement ou leur mauvaise utilisation ne nuise pas significativement à la capacité de SSC importants pour la sûreté à assurer leurs fonctions de sûreté.
- **4.3** - La boucle d'alimentation pour les bouches d'incendie à l'extérieur du bâtiment et pour les colonnes d'alimentation internes doit fournir une couverture suffisante pour les zones de l'installation importantes pour la sûreté. La couverture doit être justifiée par l'étude de risques incendie.
- **4.4** - Le système de ventilation doit être conçu de manière à ce que chaque secteur de feu remplisse pleinement ses fonctions d'isolation en cas d'incendie.
- **4.5** - Les éléments des systèmes de ventilation qui sont situés à l'extérieur des secteurs de feu doivent avoir la même résistance au feu que le secteur qu'ils desservent ou être capables de s'en isoler par des clapets coupe-feu appropriés.

Élément nouveau repris dans la décision Incendie

Élément nouveau repris dans la décision Incendie

5. Contrôles

- **5.1** - Afin d'éviter les incendies, des procédures doivent être établies pour contrôler et minimiser les quantités de matières combustibles et réduire les sources d'énergies d'activation potentielles qui pourraient affecter les éléments importants pour la sûreté.
- **5.2** - Afin d'assurer l'opérabilité des mesures de protection incendie, des procédures doivent être établies et mises en œuvre. Ces procédures doivent inclure l'inspection, la maintenance et le test des barrières antifeu, des détecteurs incendie et des systèmes d'extinction.

6. Organisation des moyens de lutte contre l'incendie

- **6.1** - L'exploitant doit mettre en œuvre les dispositions adéquates pour contrôler et assurer la sécurité incendie comme identifiées dans l'étude de maîtrise des risques incendie.
- **6.2** - Des procédures d'urgence écrites qui définissent clairement les responsabilités et les actions du personnel de l'exploitant en réponse à n'importe quel feu dans l'installation doivent être établies et tenues à jour. Une stratégie de lutte contre l'incendie doit être développée, tenue à jour, et le personnel doit être formé en conséquence, pour couvrir chaque zone dans laquelle le feu peut affecter un élément important pour la sûreté et la protection des substances radioactives.
- **6.3** - Lorsque les moyens de lutte contre l'incendie proviennent de services extérieurs, une coordination adaptée est nécessaire entre le personnel de l'installation et ces services extérieurs, afin de s'assurer que ces derniers aient une connaissance des risques de l'installation.
- **6.4** - Si les personnels de l'installation doivent être engagés dans la lutte incendie, leur organisation, leur nombre minimum, leur équipement, leur niveau de formation et leur condition physique doivent être documentés et leur adéquation confirmée par une personne compétente.

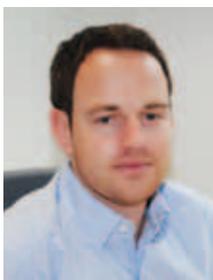


RETOUR D'EXPÉRIENCE

La maîtrise du risque incendie



© EN



LES CONSÉQUENCES DE L'INCENDIE DU 6 JANVIER 1981 DANS LE SILO 130 DE L'ÉTABLISSEMENT DE LA HAGUE

Par Julien Jacquet-Francillon, chargé d'affaires à la direction des déchets, des installations de recherche et du cycle de l'ASN



L'essentiel

Le 6 janvier 1981, un incendie se déclare dans le silo 130 de l'établissement de La Hague, où sont entreposés des déchets issus du retraitement des combustibles irradiés de la filière « uranium-naturel-graphite-gaz » (UNGG) au sein de l'usine UP2-400, entraînant pendant plusieurs heures des rejets de césium 137 dans l'environnement. Il faudra plus de 24 heures pour maîtriser cet incendie et 20 jours d'enquête par la commission d'hygiène et de sécurité (CHS) de l'établissement de La Hague pour déterminer l'origine de cet événement. Le présent article revient sur cet incident, sa cinétique ainsi que ses conséquences à court, moyen et long termes.

Le silo 130 est situé au nord-ouest de l'établissement de La Hague, dans le périmètre de l'ancienne station de traitement des effluents de l'établissement.

Nature et origine des déchets entreposés

Les déchets entreposés dans le silo 130 ont majoritairement été produits par l'opération de dégainage des combustibles irradiés de la filière « uranium-naturel-graphite-gaz » (UNGG), première étape de leur retraitement dans l'usine UP2-400. Cette opération de dégainage permettait de retirer plusieurs éléments non valorisables du combustible UNGG avant son traitement chimique, en particulier :

- la chemise graphite et les centreurs en magnésium (déchemisage) ;
- les bouchons (ou queusots) de magnésium (déqueusotage) ; le retrait de ces bouchons était susceptible d'entraîner des pastilles ou des éclats de pastilles d'uranium métal.

Ces éléments non valorisables étaient ensuite transférés dans le silo 130 au moyen de châteaux de transports blindés. Entre 1973 et 1981, le silo 130 avait reçu un total de 518 tonnes de déchets, composés essentiellement de graphite, de magnésium et d'uranium.

Par ailleurs, entre le 11 et le 15 décembre 1980 (soit quelques jours avant l'incendie), du coton usagé utilisé pour des opérations de décontamination (coton imbibé de dégraissant phosphaté) avait été déversé dans le silo.

Une inflammabilité sous-estimée

Sous forme de fines particules, l'uranium métal et le magnésium sont pyrophoriques, c'est-à-dire qu'ils ont la propriété de s'enflammer spontanément à température ambiante au contact de l'oxygène. Sous forme de fragments métalliques ou de petits copeaux, ils s'enflamment spontanément à quelques centaines de degrés. Dans le silo 130, l'uranium métal et le magnésium n'étaient pas présents sous forme de fines particules. Le graphite n'est, quant à lui, susceptible de combustion qu'à haute température (entre 800 °C et 1 000 °C) et le coton imbibé

de dégraissant phosphaté ne peut s'enflammer qu'en présence d'une source d'ignition.

Le rapport de sûreté du silo 130, en vigueur au moment de l'incendie, écartait le risque d'incendie pour les raisons suivantes :

- la présence d'uranium n'était pas prévue, sinon en traces très faibles, et n'était donc pas prise en compte pour la réalisation de l'analyse du risque d'incendie ;
- la présence de cotons de décontamination n'était pas prévue dans le silo 130 et donc pas prise en compte pour la réalisation de l'analyse du risque d'incendie ;
- le magnésium n'était pas présent sous forme de fines particules ; sa combustion nécessitait des températures de plusieurs centaines de degrés, absentes dans le silo ;
- la combustion du graphite nécessitait des températures élevées, absentes dans le silo.

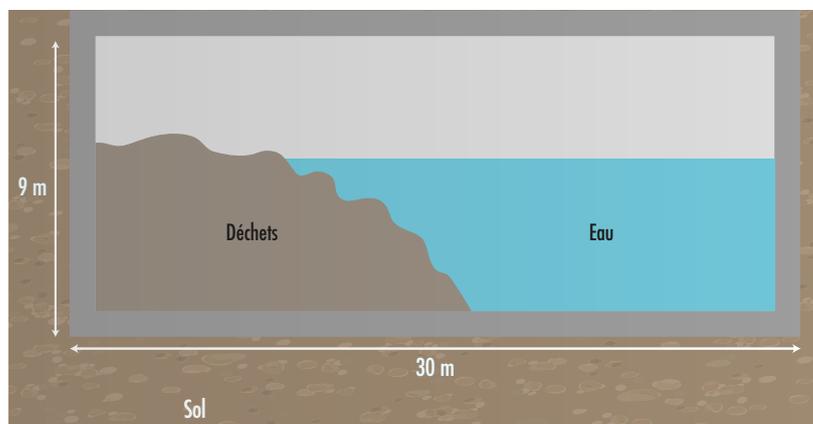
En l'absence de quantité significative d'uranium et de source de chaleur dans le silo susceptible d'initier la combustion du magnésium et du graphite, aucune disposition n'avait été retenue vis-à-vis du risque d'incendie.

Inventaire radiologique des déchets entreposés dans le silo 130

Les substances radioactives présentes dans le silo 130 sont principalement :

- les produits d'activation contenus dans les chemises graphite, les centreurs et les bouchons en magnésium après leur passage en réacteur ;
- les produits de fission, en particulier le césium 137, contenus dans l'uranium métal après son passage en réacteur ;
- l'uranium métal.

Silo 130



L'enceinte du silo 130 est enterrée ; elle est construite en béton armé et a été conçue pour l'entreposage à sec de déchets solides. Une peau en acier soudé, noyée dans les parois et le fond du silo en béton, assure l'étanchéité de cette structure. Le silo est ventilé par un réseau de soufflage et d'extraction, ce dernier disposant de filtres très haute efficacité (THE).

La cinétique de l'incendie

5 janvier 1981, 18h30 : le dernier château de déchets est vidé dans le silo 130 ; il contient essentiellement des bouchons de magnésium et de l'uranium métal. Entre leur récupération et leur dépôt dans le silo 130, ces déchets sont restés au sec pendant plusieurs jours.

6 janvier 1981, 4h : une contamination atmosphérique est détectée à environ 800 mètres du silo 130 au niveau du bâtiment AT1. Le césium 137 est majoritairement présent dans ces rejets, ce qui oriente les recherches vers le silo. Une irradiation importante du réseau d'extraction de la ventilation du silo est constatée (0,7 Gy/h). La ventilation est coupée et des fumerolles sont observées sur la dalle du silo. L'origine des rejets est identifiée.

6 janvier 1981, 13h50 : une première aspersion d'eau (4 à 5 m³) est réalisée à faible débit dans le silo. Elle est rapidement interrompue par crainte d'engendrer une réaction entre l'eau et le magnésium (magnésium très réactif au contact de l'oxygène) ou une explosion par la formation d'hydrogène liée à la radiolyse de l'eau (rupture des molécules de H₂O sous l'effet des rayonnements).

6 janvier 1981, 17h : une tuyauterie d'injection d'azote est mise en place dans le silo. L'injection commencera à 21 h au débit de 50 m³/h.

6 janvier 1981, minuit : l'injection d'azote n'est pas efficace pour éteindre l'incendie. Il est décidé d'injecter massivement 500 m³ d'eau. Un important dégagement de vapeur est observé signant l'arrêt de toute émission radioactive.

7 janvier 1981, 3h30 : l'injection d'eau est terminée et l'injection d'azote se poursuit. L'incendie est maîtrisé. De l'azote sera injecté jusqu'à 11 h le 8 janvier 1981.

Explications sur son origine

Après plusieurs semaines d'enquête par la CHS de l'établissement de La Hague, il est conclu que l'incendie est lié à l'inflammation d'uranium du fait des constats suivants :

- les rejets contiennent du césium 137 ce qui confirme la combustion d'uranium ; le césium 137 est un produit de fission présent dans les pastilles ou fragments d'uranium irradié et il est le premier à être relâché en cas de combustion de l'uranium ;
- le foyer de l'incendie se situe au droit de l'operculaire de versement des déchets dans le silo ce qui laisse penser que l'incident est dû aux dernières introductions de déchets ;
- les derniers déchets déversés étaient de l'uranium provenant d'une fosse en eau ; cet uranium, très probablement présent sous la forme d'hydruure (UH₃) du fait de son

contact prolongé avec l'eau, est fortement pyrophorique, notamment lorsqu'il est resté au sec pendant plusieurs jours, ce qui était le cas ici ;

- lors de leur introduction dans le silo, les déchets subissent une chute d'environ 5 mètres. Il y a donc un choc notable entre les déchets, susceptible de produire une énergie suffisante pour les enflammer.

La thèse principale est donc l'inflammation de l'uranium (probablement sous forme UH₃), aidé par la présence du coton imbibé de substances inflammables (dégraissant phosphaté) qui a entraîné la combustion en chaîne du magnésium puis du graphite.

Quelles conséquences sur l'environnement ?

Une contamination atmosphérique pendant l'incendie

Toutes les mesures de contamination atmosphérique effectuées au cours de l'événement n'ont révélé que le rejet de césium 137 dans des concentrations maximum de 48,1 GBq/m³ d'air. Après des études détaillées, les rejets totaux en césium 137 ont été estimés entre 740 et 1850 GBq.

Une contamination du sol

Au sol, des zones de très faible contamination sont observées à l'extérieur du silo, principalement dans les directions suivantes :

- entre les directions 300 et 320 de la rose des vents, en raison du vent régnant entre 14 h et 22 h le 6 janvier 1981,
- dans la direction 80 de la rose des vents, suite au changement de direction du vent qui s'est produit après 22 h.

Cette contamination est relevée :

- à l'intérieur du site sur environ un hectare ; elle touche le bâtiment 130 surplombant le silo et des aires extérieures. Les valeurs maximales relevées sont de 111.10³ Bq/m² en césium 137 ;
- à l'extérieur du site ; la contamination reste faible et n'excède pas 3,7. 10² Bq/m² en césium 137. À titre de comparaison, la teneur maximale admissible de césium 137 dans un produit laitier est fixée à 10³ Bq/l au sein de l'Union européenne (voir règlement n° 3954/87 du 22 décembre 1987).



RETOUR D'EXPÉRIENCE

La maîtrise du risque incendie

L'ACTION DE L'ASN

L'action de l'ASN au moment de l'incendie

En 1981, la réglementation et le contrôle de la sûreté nucléaire des installations nucléaires civiles étaient assurés par le Service central de sûreté des installations nucléaires (SCSIN). La gestion des conséquences de cet incident a fait l'objet de nombreux échanges entre l'exploitant, le SCSIN et son appui technique, l'Institut de protection et de sûreté nucléaire (IPSN).

Le SCSIN a notamment sollicité l'exploitant pour la réalisation d'analyses de sûreté sur les conditions post-accidentelles d'entreposage des déchets radioactifs.

L'action de l'ASN face aux enjeux de sûreté actuels

Au regard des conditions d'entreposage des déchets dans le silo 130 perdurant depuis 1981, l'ASN a prescrit en 2010, par la décision n° 2010-DC-0190 du 29 juin 2010, la mise en œuvre de dispositions compensatoires pour renforcer le niveau de sûreté de cette installation dans l'attente de la reprise des déchets. Ces dispositions concernent notamment l'ajout de moyens d'extinction à l'argon et l'amélioration des dispositions de surveillance d'une fuite dans l'environnement (barrière de détection, moyens de vidange d'urgence...) pour une éventuelle reprise rapide des effluents du silo. Ces moyens ont été mis en œuvre par l'exploitant en particulier après sa mise en demeure par la décision n° 2013-DC-0341 du 26 mars 2013.

En outre, par la décision du 29 juin 2010, l'ASN a prescrit :

- le début des opérations de reprise des déchets au 1^{er} juillet 2016 ;
- les échéances de reprise et de conditionnement de ces déchets respectivement au 31 décembre 2022 et au 31 décembre 2023.

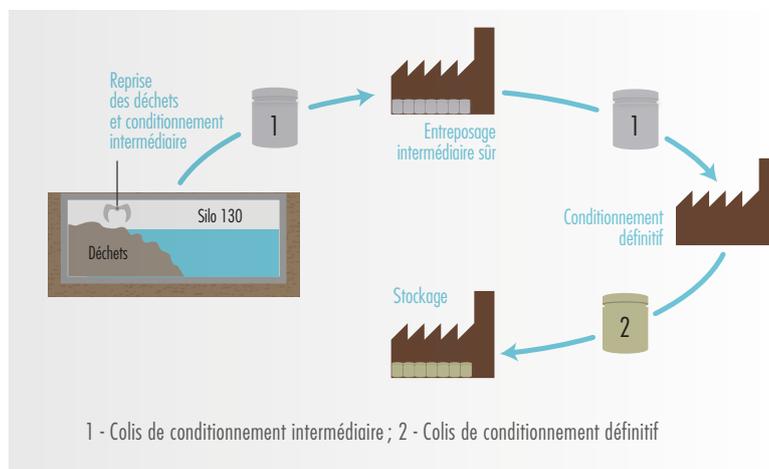
Travaux d'assainissement et enseignements à tirer

À la suite de cet incendie, des travaux d'assainissement de l'environnement ont été menés, consistant notamment en l'arrachage des genêts dans la zone contaminée à l'intérieur du site. Le bâtiment 130 surplombant le silo et le système de ventilation du silo ont également été assainis, la majorité de la contamination rejetée y étant concentrée.

Les enseignements à tirer de cet incendie sont multiples et variés. Ils concernent en particulier :

- la prévention et la gestion des conséquences d'un incendie de déchets métalliques dans une installation nucléaire :

Schéma des opérations de reprise et de conditionnement



- éviter l'extinction par inertage à l'azote ;
- disposer de moyens d'extinction fixes dédiés et appropriés à l'installation ;
- disposer de moyens de détection d'un incendie dans l'installation, au plus près des charges calorifiques ;
- assurer un suivi continu des paramètres clés de l'installation (température, fonctionnement de la ventilation...);
- augmenter les réserves d'eau disponibles sur le site pour l'extinction d'un incendie ;
- trier les déchets à la source pour éviter les incompatibilités chimiques ou radioactives ;
- ainsi que la surveillance de l'environnement :
 - augmenter l'implantation des balises de surveillance pour couvrir toutes les directions de la rose des vents.

Le silo 130 aujourd'hui, et son devenir

Le silo 130 contient aujourd'hui les mêmes substances que celles présentes au moment de l'incendie, augmentées des effluents issus de l'extinction de l'incendie (600 m³) et d'infiltration d'eau de pluie (800 m³). Ces substances sont aujourd'hui passivées (recouvertes par des produits de corrosion) du fait de leur contact avec des effluents depuis 1981. Les produits de corrosion ainsi formés sont notamment l'hydrure d'uranium (UH₃), qui est très pyrophorique, le carbonate de magnésium (MgCO₃) et l'hydroxyde de magnésium (Mg(OH)₂) qui ont tendance à freiner la combustion.

Les effluents n'ont jusqu'à présent pas été retirés du silo par crainte d'entraîner un nouvel incendie, notamment en raison de la présence de substances pyrophoriques telles que l'UH₃. Les déchets du silo 130 doivent faire l'objet d'opérations importantes de reprise et de conditionnement demandées par l'ASN (*voir encadré*). Ces opérations se découpent en deux phases distinctes :

- première étape : reprise des déchets et entreposage intermédiaire sûr ; cette première étape qui s'étale sur plusieurs années est destinée à améliorer au plus tôt la sûreté du silo 130 actuel en le vidant de ses déchets pour les entreposer de manière sûre dans l'attente du développement des solutions de stockage définitif ; le colis prévu pour le conditionnement intermédiaire des déchets du silo 130 n'est pas définitif et pourra évoluer pour répondre aux spécificités des conditions de stockage qui seront définies ;
- deuxième étape : conditionnement définitif et stockage des déchets ; cette seconde étape vise à conditionner définitivement les déchets du silo 130 dans un colis de stockage adapté et à stocker ces déchets dans une installation dédiée. Si cette installation de stockage n'est pas disponible au moment du conditionnement définitif des déchets, un entreposage intermédiaire supplémentaire pourrait s'avérer nécessaire.

Une fois vide, le silo sera assaini et démantelé. ❖

© BR



RETOUR SUR L'INCENDIE D'UN TRANSFORMATEUR SUR LA CENTRALE DE CATTENOM

Par Francis Matarozzo, expert incendie en appui aux CNPE, au sein du Groupe performance sûreté nucléaire de l'Unité d'ingénierie d'exploitation chez EDF



L'essentiel

Le 7 juin 2013, un transformateur de la centrale de Cattenom a pris feu. Un événement imprévisible, au développement rapide et spectaculaire mais sans aucune conséquence sur la sûreté. L'incendie a en effet rapidement pu être maîtrisé grâce au déclenchement immédiat du plan d'urgence interne. Sur le terrain, les savoir-faire des équipes d'intervention interne, maintes fois répétés lors d'exercices, ont été restitués avec précision et professionnalisme. L'engagement des secours extérieurs et leur coordination avec les équipes internes a en outre été facilité par leur connaissance des installations et les procédures d'accueil et de guidage instaurées sur le site. Enfin, un certain nombre de mesures de prévention prises dès la conception de l'installation ont démontré leur efficacité, tout comme celles tirées du retour d'expérience.

V

endredi 7 juin 2013, 13 h 44. Un appel témoin par le « 18 » est reçu en salle de commande

tranche 1 pour signaler un incendie sur le transformateur de soutirage de l'unité de production de Cattenom 1. Le feu va très rapidement se développer, en produisant d'importantes flammes et d'abondantes fumées noires visibles bien au-delà du site.

Le plan d'urgence interne activé

La procédure d'intervention requise en pareille circonstance, parfaitement rodée, est alors aussitôt mise en oeuvre. En salle de commande, les opérateurs appliquent immédiatement les consignes d'exploitation :

- confirmation du déclenchement de la protection incendie 1^{er} stade ;
- mobilisation des équipes internes d'intervention ;
- alerte des secours extérieurs ;
- mise en service des pompes incendie et déclenchement de la protection incendie 2^e stade ;
- application des procédures de conduite des installations.

Les équipes internes d'interventions mobilisées

Les intervenants internes sont rapidement sur place. L'équipe de première intervention applique aussitôt la fiche d'action incendie. Le chef de secours transmet très rapidement le message « feu confirmé » en salle de commande, entraînant ainsi le déclenchement du plan d'urgence interne (PUI) à 14 h. La mobilisation en renfort d'agents des autres tranches, permet au chef de secours de faire mener des actions de reconnaissances simultanées dans différents niveaux de la salle des machines ainsi que sur le parc à gaz, contigus au transformateur en feu. Le système

d'aspersion de la toiture de la salle des machines est également déclenché.

Les secours extérieurs alertés

À 14 h, soit 16 minutes seulement après le début de l'événement, les premiers moyens des sapeurs-pompiers se présentent au point de regroupement des secours (PRS), après avoir été pris en charge à l'entrée du site. La centrale fait l'objet d'un plan d'établissement répertorié et, à ce titre, un scénario incendie « enveloppe » a été rédigé pour le transformateur. Ces éléments vont permettre au commandant des opérations de secours (COS) de définir rapidement une idée de manœuvre et d'engager les actions qui en découlent :

- demande de consignation électrique et de mise à la terre de la ligne 400 Kv ;
- création d'un rideau d'eau en protection du parc à gaz, au moyen de deux lances à diffuseurs ;
- établissement de deux lances à mousse en attente ;
- extinction d'un foyer éparé sur une conduite descendante du transformateur principal, au moyen d'un extincteur 50 kg à poudre.

Une coordination optimale des secours entre intervenants internes et externes

Au PRS, l'étroite collaboration et la complémentarité entre le directeur des secours EDF et le commandant des opérations de secours permettent une montée en puissance rapide des moyens (55 sapeurs-pompiers mobilisés répartis dans 21 véhicules d'incendie et de secours). L'exploitation adéquate du scénario incendie « transformateur » par le directeur des secours durant toute l'intervention et la bonne connaissance des installations par le COS ont





RETOUR D'EXPÉRIENCE

La maîtrise du risque incendie



Incendie dans le transformateur de la centrale nucléaire de Cattenom le 7 juin 2013



grandement facilité les prises de décision et les actions menées. Cette bonne gestion de l'événement est le fruit notamment du partenariat efficace qui lie la centrale et le service départemental d'incendie et de secours (SDIS) depuis de nombreuses années (plusieurs exercices incendie annuels, visites des installations, formations et informations croisées).

De l'importance de la conception et du retour d'expérience

L'incendie a détruit le transformateur de soutirage (TS) mais est resté cantonné à ce seul pôle. Il a été maîtrisé par la seule action des systèmes d'aspersion fixes 1^{er} et 2^e stades, et ce malgré la présence de plus de 40 m³ d'huile. Le compartimentage par « casematage » des pôles ainsi que la rétention ont bien joué leur rôle

en évitant l'extension du sinistre aux installations contiguës. Il faut en effet souligner le faible rayonnement thermique périphérique qui n'a jamais menacé ni la salle des machines, ni le parc à gaz. L'expertise de la charpente métallique a quant à elle montré la bonne tenue structurelle de l'ensemble. Seule la charpente métallique côté TS a été endommagée. Une zone de 100 m² de caillebotis ainsi que quelques éléments de supportage restent à reconstituer.

Enfin, l'intégration dans le document d'orientation incendie et sanitaire (DOIS) de la mise en œuvre immédiate de l'aspersion 2^e stade dès le déclenchement automatique du 1^{er} stade, mesure décidée à la suite des incendies survenus sur les centrales de Paluel et Tricastin, a permis d'éteindre rapidement l'incendie. ❖

L'ACTION DE L'ASN

Le vendredi 7 juin 2013 à 13 h 44, un incendie est survenu sur le transformateur de soutirage du réacteur 1 de la centrale de Cattenom. Étant donné l'ampleur de l'incendie, des moyens importants des secours extérieurs ont immédiatement été mobilisés et l'exploitant a déclenché le plan d'urgence interne (PUI) « Incendie hors zone contrôlée ». Rapidement prévenue par l'exploitant, mais également par des riverains, la division de Strasbourg de l'ASN a envoyé une équipe d'inspecteurs sur place le jour même.

Les inspecteurs se sont rendus sur les lieux du sinistre pour constater l'étendue des dégâts, l'état des installations concernées et leurs abords. Ils se sont également rendus dans la salle de commande du réacteur 1 pour s'entretenir avec l'équipe de conduite sur la mise à l'arrêt du réacteur et les procédures mises en œuvre, la gestion du PUI et les suites de l'incendie. Enfin, les inspecteurs ont échangé avec l'équipe de crise, notamment sur la gestion des eaux d'extinction de l'incendie.

L'ASN considère que l'exploitant a mis en œuvre le PUI et suivi les procédures prévues en pareille situation de manière satisfaisante. Le réacteur 1 s'est arrêté automatiquement et les procédures de conduites incidentelles ont été appliquées conformément au référentiel. Les systèmes d'aspersion automatiques ont fonctionné correctement, les secours extérieurs ont été prévenus rapidement et les équipes d'intervention de l'exploitant ont assuré leurs missions comme prévu. Enfin, aucune victime n'était à déplorer, seules deux personnes ont été légèrement choquées.

Si l'incendie a été maîtrisé rapidement, les sapeurs-pompiers sont restés sur place bien après l'extinction des flammes et le PUI n'a été levé que le lendemain, afin de garantir la protection des installations. À proximité du transformateur de soutirage sont notamment situés le transformateur auxiliaire et les zones d'entreposage des bouteilles d'hydrogène et d'azote nécessaires au fonctionnement de l'installation. Il n'existait pas de moyens de protection fixes de ces équipements en pareille situation et les sapeurs-pompiers ont mis en place un rideau d'eau pour les protéger. Ce point a fait l'objet d'une demande d'information complémentaire dans la lettre de suite de l'inspection adressée par l'ASN à l'exploitant. Par ailleurs, les sapeurs-pompiers ont également continué à arroser le transformateur de soutirage pendant plusieurs heures afin d'éviter une reprise d'incendie.

L'ensemble de ces opérations a nécessité des volumes d'eau très conséquents dont la gestion par l'exploitant a été délicate. Les inspecteurs ont constaté que l'exploitant ne disposait pas de bassins de rétention permettant de récupérer les eaux d'incendie. Les eaux d'extinction ont tout d'abord rempli les rétentions prévues en cas de fuite d'huile sur un transformateur puis ont été rejetées dans le réseau d'évacuation des eaux pluviales. Ces constats ont donné lieu à des demandes d'actions correctives dans la lettre de suites de l'inspection. Toutefois la mise en place des moyens de pompage complémentaires a permis de contenir ces effluents pour éviter des rejets dans l'environnement.

À l'issue de cet événement, le transformateur de soutirage du réacteur 1 de Cattenom était complètement sinistré. Son remplacement a conduit à anticiper l'arrêt de réacteur prévu en 2013 qui a duré 138 jours au lieu des 27 initialement prévus, afin notamment de remettre en état puis de requalifier les équipements touchés.

Les départs de feu en 2013 sur les centrales électronucléaires

Départs de feu*

- 82, dont seulement 3 ont donné lieu à un événement significatif pour la sûreté.

Origine

- 37 % Origine électrique.
- 21 % Facteurs humains.
- 20 % Travaux par points chauds (soudure, découpage).
- 18 % Origine mécanique (échauffements).
- 4 % Autre.

Plans d'urgence interne activés

- Quatre PUI incendie hors zone contrôlée :
 - Feu de transformateur de soutirage à Cattenom.
 - Feu de paliers d'un groupe turbo-alternateur à Bugey.
 - Dégagement de fumée dans la sous-toiture d'une salle des machines à Paluel.
 - Feu de bache dans la sous-toiture d'une salle de pompage à Gravelines.
- Un PUI sûreté radiologique :
 - Tableau électrique dans un bâtiment des auxiliaires nucléaires de Gravelines.

Appels des secours externes (services départementaux d'incendie et de secours)

- 55

Moyens d'extinction

- 21 % Aucun moyen d'extinction (auto-extinction).
- 39 % Débrouillage de cellules.
- 37 % Extincteurs.
- 3 % Autres (aspersion, lance à eau...).

Source : EDF

* EDF comptabilise tous les phénomènes de combustion caractérisés par une émission de chaleur accompagnée de flamme ou de fumée, ou les deux (un dégagement de fumée lors de la remise en service d'un aérotherme peut être comptabilisé au même titre qu'un incendie de transformateur ; l'analyse de ces événements sera cependant évidemment pondérée par leur importance).

La gestion du risque lié au radon

Le radon, identifié comme cancérigène depuis un quart de siècle, est de mieux en mieux connu des chercheurs. Le risque, pour un individu, de développer un cancer du poumon, en fonction de l'exposition, du cadre de vie et de cofacteurs comme le tabac, fait désormais l'objet de mesures plus précises. Ces données ont conduit les instances internationales à définir des recommandations, et la France à engager un plan d'action – une démarche qui peine parfois à s'imposer et n'inclut pas, pour l'heure, le dépistage des habitations privées.

Alors que la prise de conscience globale va croissant, la lutte contre le radon pourrait prendre un nouveau virage. La récente directive Euratom, adoptée par la Commission européenne, impose un renforcement des prescriptions dans tous les États membres... Cet enjeu central et la nécessité, pour les pays, de s'orienter vers une ligne commune, ont été abordés lors de l'atelier européen organisé en octobre à l'ASN. Pour l'occasion, *Contrôle* présente un panorama des connaissances, des stratégies et des points de vue sur la lutte contre le radon, des acteurs de terrain aux experts internationaux.

41

L'épidémiologie du risque radon :
une longue histoire

Par Margot Tirmarche,
commissaire de l'ASN

51

Protection des bâtiments :
des progrès à encourager

Entretien avec Bernard Collignan,
ingénieur de recherche, spécialiste
de la qualité de l'air au CSTB

54

Bessines
Vers une nouvelle approche
du risque sanitaire

Entretien avec Alain Rannou,
adjoint à la directrice de la protection
de l'homme à l'IRSN

46

Gestion des risques liés au radon :
la nécessité d'un véritable pilotage
stratégique du plan national d'actions

Par Jean-Luc Godet, directeur,
et Éric Dechaux, chargé d'affaires
à la direction des rayonnements
ionisants et de la santé de l'ASN

52

La gestion du risque radon
lié à la présence anormale de résidus
miniers sous une habitation

Par Jérémie Vallet, adjoint
au chef de la Mission de la sûreté
nucléaire et de la radioprotection
au ministère de l'Écologie,
du Développement durable
et de l'Énergie

55

Un atelier européen
pour partager nos expériences

Regards croisés :
Sigurdur Magnusson, président
de la réunion des responsables
des Autorités européennes
de contrôle de la radioprotection
(Heads of European Radiation
Control Authorities),
Per Strand, directeur général
adjoint de la Norwegian Radiation
Protection Authority (Norvège)
Tony Colgan, chef de l'unité
radioprotection à la direction
de la sûreté et de la sécurité
nucléaires de l'AIEA
et Stefan Mundigl, chef
de secteur BSS, DG ENER,
Unité D3 Radioprotection
(Commission européenne)

50

Radon et santé :
une opération pilote à prolonger

Entretien avec Partick Debaize,
coordonnateur « radon » à l'union
départementale Consommation,
Logement et Cadre de Vie du Finistère

© ASH/S. CAUET/ABACA



L'ÉPIDÉMIOLOGIE DU RISQUE RADON: UNE LONGUE HISTOIRE

Par Margot Tirmarche, commissaire de l'ASN

L'essentiel

Depuis le classement par l'Organisation mondiale de la santé (OMS) du radon comme « gaz cancérigène certain » pour l'homme, en 1988, les études se sont succédé pour évaluer avec précision les risques sanitaires liés à l'exposition à ce gaz radioactif naturel issu des roches du sous-sol. Un programme épidémiologique européen, lancé au début des années 1990, a défini des protocoles d'études et étudié l'augmentation des cancers du poumon chez les mineurs d'uranium comme dans la population générale. Des résultats récents ont permis de préciser ce risque en cas d'expositions faibles, sur de longues périodes, en milieu professionnel comme domestique, en présence et en absence d'une consommation tabagique concomitante. Autant de données qui ont conduit à l'élaboration de recommandations par les instances internationales.

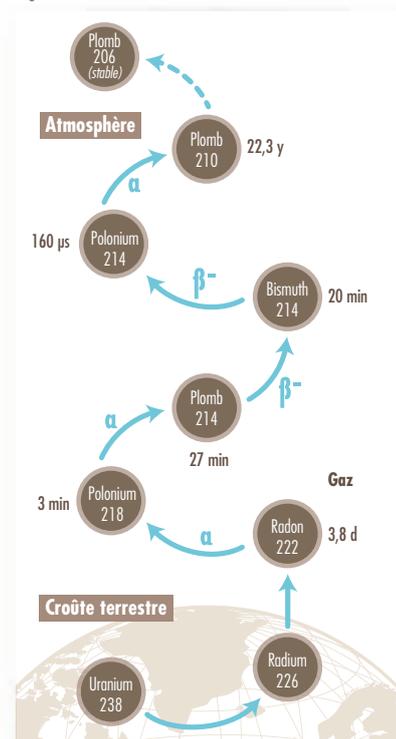
Le radon est un gaz radioactif, d'origine naturelle, provenant de la désintégration de l'uranium, présent dans la croûte terrestre. Il peut s'accumuler dans les lieux mal ventilés; des valeurs élevées ont été mesurées dans des galeries souterraines. Sa concentration est variable et dépend notamment du sous-sol, plus ou moins riche en uranium ou radium. Son inhalation peut entraîner une irradiation au niveau des cellules de l'épithélium bronchique. Ce sont surtout les descendants du radon, produits par sa désintégration, dont certains sont des émetteurs alpha (voir figure 1 ci-contre), qui peuvent induire une cassure double brin de l'ADN et participer, dans certaines circonstances et à long terme, au développement d'un cancer du poumon. Dès 1988, sur la base d'études menées sur l'animal et à partir des premiers résultats d'études épidémiologiques des mineurs d'uranium, le Centre international de recherche sur le cancer (CIRC) de l'OMS a déclaré le radon « cancérigène certain » pour l'homme.

Restait à démontrer si l'effet cancérigène du radon restait identique si ce gaz était inhalé à de faibles doses, telles que rencontrées dans les mines durant les trente dernières années, alors que les règles de radioprotection étaient beaucoup plus strictes et les systèmes de ventilation beaucoup plus performants depuis la fin des années 1950. D'autre part, sachant que le radon était omniprésent à la surface terrestre, ne fallait-il pas se préoccuper de certaines habitations individuelles ou autres bâtiments situés dans les départements connus pour avoir une moyenne d'exposition au radon supérieure à la moyenne nationale et où la population pouvait connaître des expositions annuelles équivalentes à celles des mineurs des années 1980-1990?

Genèse d'une épidémiologie européenne du radon

Face à ce questionnement, il fallait répondre à au moins deux questions afin de pouvoir évaluer précisément un risque de cancer du poumon pour ces populations: est-ce que le risque d'un travailleur, exposé pendant de nombreuses années dans un environnement minier souterrain, est équivalent à celui d'une personne inhalant ce même gaz dans une habitation? Quelle est l'influence de cofacteurs comme les poussières présentes dans les mines ou les fumées de diesel? Mais la question soulevant le plus de discussions concernait l'action concomitante du tabac, cancérigène pulmonaire ➤➤

Figure 1 : le radon et ses descendants



ANALYSE

La gestion du risque lié au radon

bien connu, en présence du radon. Quel est le risque pour un non-fumeur? Est-il décelable dans une étude épidémiologique? Comment interagissent radon et tabac si tous deux sont inhalés quotidiennement?

Dans le cadre des recherches soutenues par l'Union européenne, il a été décidé, au début des années 1990, de lancer un vaste programme épidémiologique qui devait garantir un suivi à long terme des cohortes de mineurs d'uranium, incluant notamment des mineurs tchèques, français et allemands, ainsi que de grandes études cas-témoins menées auprès de la population générale, notamment dans les régions ayant un potentiel radon élevé. Une condition importante était que la mesure du radon et de ses descendants soit réalisée durant la totalité de la période d'exposition, et ceci au niveau

individuel. Le même protocole d'analyse devait être appliqué à l'ensemble des données recueillies: il s'agissait de réaliser des analyses conjointes, afin de disposer d'une meilleure puissance statistique et d'appliquer les mêmes modèles d'analyse à l'ensemble des données.

Afin que l'estimation de l'exposition au radon d'une population dans un bâtiment soit fiable, il a été préconisé d'assurer dans l'habitat une mesure sur plusieurs semaines, voire quelques mois, et si possible en automne et en hiver. Ceci afin d'avoir des données aussi réalistes que possible, les valeurs de la concentration en radon dans une pièce donnée dépendant du mode de vie des habitants, des températures extérieures comme des conditions de ventilation.

Dans les études cas-témoins menées en Europe, les mesures étaient réalisées dans l'ensemble des demeures occupées

durant les trente années précédant la date du diagnostic, pendant au moins six mois. Il existe sur le marché plusieurs modèles de dosimètres, pour un prix relativement modique. Des inter-comparaisons sont réalisées régulièrement au niveau international afin de garantir la qualité de ces appareils.

Évaluer l'exposition et le risque des mineurs, des années 1950 à aujourd'hui

Dans le cadre des études de cohortes sur les mineurs d'uranium, la qualité d'évaluation de l'exposition individuelle est dépendante de la période de mesure, des conditions de travail de l'époque, de l'archivage de données anciennes, des dosimètres utilisés. Un gros travail de reconstitution d'une base de données unique et de validation de l'exposition individuelle annuelle a été nécessaire.

Aujourd'hui, pour le travail dans les mines ou galeries souterraines, la mesure du radon peut être assurée grâce à un dosimètre individuel, agissant comme une pompe qui aspire et mesure le gaz en continu durant les heures de travail. Dans le passé, l'estimation de la dose individuelle était basée sur des mesures d'ambiance réalisées à intervalles réguliers, en tenant compte du facteur d'équilibre entre le radon et ses descendants.

Les premières mines d'uranium en France ont été exploitées peu après la seconde guerre mondiale; l'étude épidémiologique, initiée au début des années 1980, a permis de reconstituer rétrospectivement l'exposition des mineurs dès le début des années 1950, en tenant compte de la qualité des mesures et de la présence concomitante d'autres polluants présents dans l'atmosphère des mines. Au cours des vingt-cinq dernières années, l'exposition des mineurs est largement inférieure à celle des années 1950-1960. Elle s'exprime en nombre de WLM^a (voir figure 2 ci-contre).

Une relation linéaire entre exposition au radon et cancer du poumon

Durant les quinze dernières années, plusieurs publications ont permis de mieux préciser le risque de cancer du poumon pour des expositions relativement faibles étalées sur des périodes d'activité professionnelle supérieures à dix ans. Toutes les études décrivent une relation linéaire selon laquelle le risque augmente avec

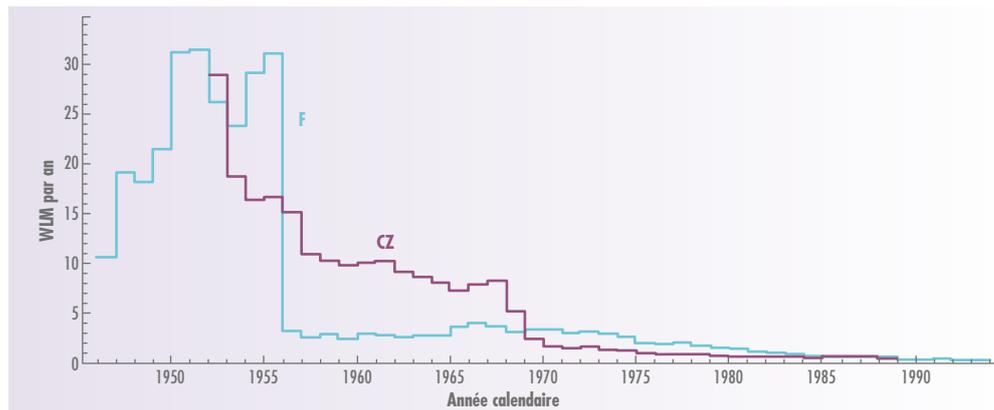
a. Le *Working Level Months* (WLM) est l'unité d'exposition utilisée dans les mines. Elle correspond au produit de la concentration de radon en équilibre avec ses descendants par la durée de travail.

MARGOT TIRMARCHE: UN PARCOURS CONSACRÉ À LA RADIOPROTECTION

Commissaire de l'ASN depuis novembre 2012, Margot Tirmarche a consacré une grande partie de sa carrière à l'étude de l'impact sanitaire des rayonnements ionisants. Épidémiologiste dotée d'une double formation en biologie et cancérologie-immunologie, elle s'intéresse en particulier à l'étude des risques de cancer du poumon lié à l'exposition chronique aux rayonnements ionisants. Après avoir exercé à l'Institut Gustave-Roussy de Villejuif, elle s'est occupée, au sein du CEA, puis à l'IRSN, du suivi à long terme des mineurs de l'uranium, ce qui a permis de mieux appréhender le risque de cancer lié à l'inhalation des descendants du radon.

Margot Tirmarche a été également responsable de l'animation scientifique et de la coordination de programmes de recherche. Actuellement membre de la Commission internationale de protection radiologique (CIPR) – entité indépendante qui publie des recommandations servant de cadre aux réglementations européennes –, elle est aussi membre du comité scientifique de l'ONU sur les conséquences des émissions radioactives (UNSCEAR) et experte en estimation du risque radon à l'OMS.

Figure 2 : exposition moyenne annuelle au radon depuis 1950 des mineurs d'uranium tchèques (CZ) et français (F)



l'exposition cumulée. Pour une même exposition cumulée dans le temps, l'effet du débit de dose (dose totale reçue sur une courte ou une longue période d'exposition) a pu être appréhendé. Le temps écoulé depuis l'exposition joue également sur l'expression du risque de cancer du poumon : plus on s'éloigne de cette exposition, plus le risque de cancer du poumon diminue (voir figure 3).

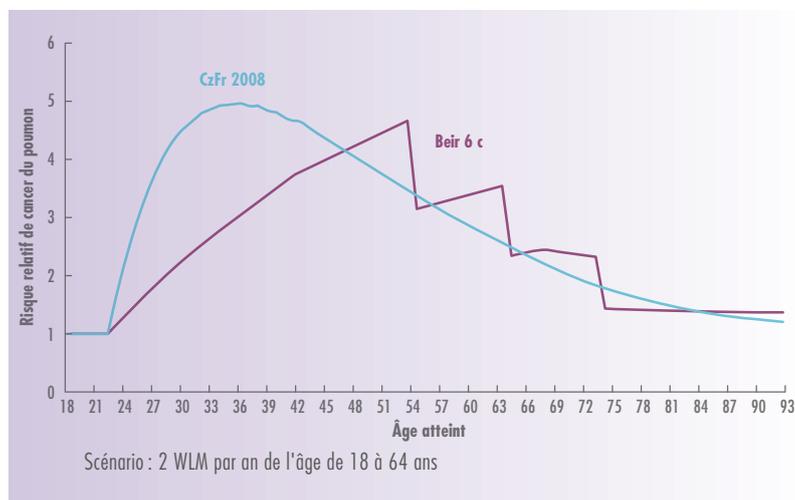
De plus, des efforts importants ont été réalisés pour recueillir l'historique de la consommation tabagique des mineurs : une publication par Leuraud et al. (*Health Physics* 2007) met en évidence l'effet conjugué du radon et du tabac, avec un effet plus qu'additif (dit « sub-multiplicatif ») de ces deux cancérigènes sur le risque de cancer du poumon.

Confirmation d'un risque de cancer à partir de l'inhalation du radon dans l'habitat

Parallèlement à la mise en place d'études cas-témoins en Europe, d'autres études ont analysé la problématique radon auprès des populations, en Amérique du Nord et en Chine (voir tableau ci-contre). Elles ont mis en évidence, après prise en compte détaillée de la consommation tabagique (nombre de cigarettes par jour, âge de début et de fin de consommation, etc.), une augmentation significative du risque de cancer du poumon en fonction de l'exposition au radon dans les habitations, le risque étant exprimé par rapport à une exposition moyenne au radon, cumulée sur vingt-cinq ans. Elles ont pu beaucoup mieux quantifier l'interaction radon-tabac que les études sur les cohortes de mineurs d'uranium, chaque malade ayant été interrogé individuellement sur sa consommation quotidienne de cigarettes et ses changements de comportement tabagique.

Enfin, il était possible d'étudier la relation entre le radon et le risque de cancer du poumon sur près de cinq cents cas de cancer du poumon chez des non-fumeurs. La figure 4 (voir page suivante) indique clairement la relation linéaire observée sur cette population de non-fumeurs. Donc, même en l'absence de tabac, il a été possible de démontrer que le risque de cancer augmente si l'exposition, cumulée sur une période de plus de vingt ans, augmente. Aucun effet seuil n'a été constaté.

Figure 3 : variations du risque avec le temps depuis l'exposition. Deux modèles d'analyse : « Czfr » sur données mineurs franco-tchèques et « Beir » 6 (analyse antérieure par l'Académie des sciences aux États-Unis sur d'autres cohortes de mineurs)



Études incluses dans l'analyse internationale de la CIPR

Groupe	Études	Cas	Témoins	Risque relatif par 100 Bq/m ³ (IC 95 %)
Européen: Darby 2006	13	7 148	14 208	1,08 (1,03-1,16)
Nord américain: Krewski 2006	7	3 662	4 966	1,10 (0,99-1,26)
Chinois: Lubin 2004	2	1 050	1 995	1,13 (1,01-1,36)

Bonne cohérence entre ces études : excès de risque de cancer du poumon de l'ordre de 10 % par 100 Bq/m³, (16 % si l'on tient compte des incertitudes)

Un risque de décès par cancer du poumon, même à de faibles niveaux d'exposition

L'épidémiologie du risque de cancer du poumon en population générale se base sur des résultats issus d'une vingtaine d'études – une situation assez exceptionnelle pour l'étude d'un cancérigène environnemental. Elle conclut en premier lieu à l'existence d'un risque de décès par cancer du poumon, à des niveaux d'exposition relativement faibles, proches de 200 becquerels par mètre cube (Bq/m³), dès lors que les personnes ont séjourné dans le bâtiment pendant de nombreuses années (vingt à trente ans). Ces augmentations du risque par unité d'exposition (pour 100 Bq/m³) s'observent aussi bien chez les fumeurs que chez les non-fumeurs ou ex-fumeurs. Si l'on compare les résultats des mineurs avec ceux de la population générale, en se limitant aux mêmes tranches d'âge et en utilisant uniquement les coefficients de risque des

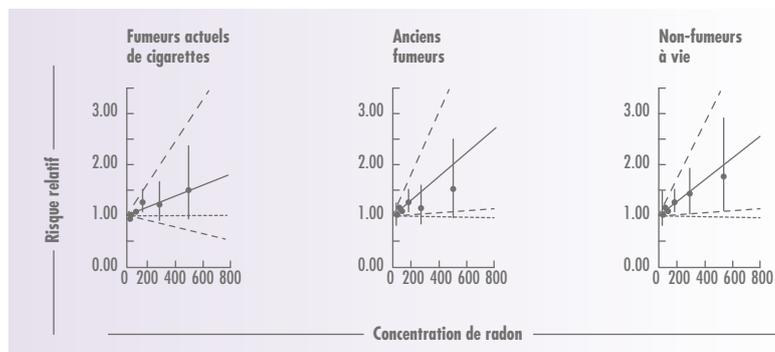
hommes, les résultats des deux approches épidémiologiques sont très concordants. En outre, certaines études de cohortes des mineurs d'uranium ont conclu à l'existence de risques autres que le cancer du poumon. Un risque de leucémies est notamment suggéré, mais il n'est pas clairement établi, cet effet pouvant être lié à l'irradiation externe gamma comme à la conjonction de l'effet du radon et de l'irradiation externe. Des recherches complémentaires sont nécessaires pour préciser ce point.

Des études sur le risque de cancer chez l'enfant, réalisées dans les régions à radioactivité naturelle élevée, suggèrent également la possibilité d'un risque de leucémies infantiles; ces résultats restent néanmoins contradictoires, les études récentes n'ayant pas confirmé ce qui avait été suggéré par le passé, notamment par Raaschou-Nielsen et al, *Epidemiology* 2008. ➤➤

ANALYSE

La gestion du risque lié au radon

Figure 4 : Radon dans l'habitat et le tabagisme. Analyse à partir des données de 7148 personnes ayant un cancer du poumon et de 14208 témoins (provenant de 13 études épidémiologiques menées en Europe). *Darby et al, Scand J Work Environ Health 2006*. Risque relatif de cancer du poumon, en fonction de l'exposition au radon (exprimé par la concentration moyenne pondérée sur la durée d'exposition, soit sur les vingt-cinq années précédant le diagnostic)



Là encore, il faut considérer la dose conjuguée du radon et de l'irradiation externe au niveau de la moelle osseuse. Et ne pas perdre de vue que ces études concernent des maladies rares, nécessitant la collecte d'informations sur de nombreuses années, sans connaître forcément la dose « individuelle » avec une grande précision.

La position des instances internationales

Des synthèses scientifiques, suivies de recommandations concernant la gestion du risque radon au niveau de la population générale et en milieu professionnel, ont été publiées récemment par l'OMS, par le comité scientifique de l'ONU sur les conséquences des émissions radioactives (UNSCEAR) et la Commission internationale de protection radiologique (CIPR). Toutes ont été retenues dans le

cadre de la nouvelle directive européenne (2013/59 Euratom) et devraient être introduites dans un avenir proche dans la législation des pays européens.

La publication en 2009 du rapport UNSCEAR, *Le radon, de la source aux effets sanitaires*, permet de retrouver l'ensemble de la problématique radon, depuis la caractérisation de l'exposition, l'influence de la reconstruction historique de l'exposition individuelle dans le suivi des cohortes de mineurs d'uranium à travers le monde, jusqu'à la qualité des données dosimétriques et sanitaires recueillies dans le cadre des études épidémiologiques et la prise en compte du tabagisme dans l'analyse du risque de cancer du poumon, notamment dans les études cas-témoins réalisées dans la population générale.

Les recommandations émises en 2009 par l'OMS pour la gestion du risque radon dans l'habitat, se basent, elles, sur les résultats des analyses conjointes réalisées à partir de nombreuses études cas-témoins. L'organisation propose, pour l'habitat, un niveau de référence de 100 Bq/m³, tout en acceptant que, dans certains pays avec des niveaux de radioactivité élevés, le niveau de 300 Bq/m³ puisse être préconisé dans un premier temps dans le cadre de la gestion de ce risque.

En 2010, la CIPR, dans sa publication 115, intitulée *Lung Cancer Risk from Radon Progeny and Statement on Radon*, a reconsidéré l'estimation du risque « vie entière », en s'appuyant sur des résultats plus récents, venant notamment des cohortes de mineurs d'uranium

en Europe, et en comparant ces résultats avec ceux obtenus pour la population générale.

Cette publication – une révision de la CIPR 65 – estime le risque « vie entière » à 5.10^{-4} par WLM, soit un risque de décès par cancer du poumon deux fois plus élevé que celui estimé par la CIPR en 1993. Elle est basée sur une population de référence, dite « mondiale », incluant hommes et femmes, fumeurs et non-fumeurs, de toutes les tranches d'âges jusqu'à 90 ans.

En transposant ce coefficient de risque « vie entière » aux conditions d'exposition dans l'habitat, on peut considérer que ce risque de 5.10^{-4} correspond à une exposition annuelle à 230 Bq/m³. Une donnée établie en admettant que la population générale passe en moyenne 7 000 heures par an dans son habitat, contre près de 2 000 heures d'exposition annuelle du travailleur en milieu professionnel. La CIPR recommande donc désormais, pour l'habitat, un niveau de référence de 300 Bq/m³ (il était précédemment de 600 Bq/m³) et considère qu'au niveau national, des niveaux plus bas, dépendant des conditions régionales, doivent être étudiés dans une optique d'optimisation de la protection des populations.

Plus vite on agit, plus le risque diminue

En conclusion, il apparaît que l'exposition au radon est une exposition chronique qui ne peut être éradiquée complètement. Tous, nous inhalons au quotidien le radon et ses descendants, mais la quantité inhalée peut être très variable suivant les circonstances. L'expérience des études épidémiologiques sur les mineurs d'uranium permet de décrire le modèle expliquant le mieux l'évolution du risque de cancer du poumon dans le temps : il permet d'affirmer que le risque augmente avec l'exposition cumulée et que ce risque diminue progressivement (sur environ quinze ans), après la fin de l'exposition. En d'autres termes, plus vite on agit pour limiter l'exposition dans un lieu donné, plus on a de chances de diminuer le risque de cancer en rapport avec l'exposition passée.

L'interaction entre radon et tabac a été étudiée dans plusieurs travaux récents : ils mettent en évidence une relation dose-effet chez les non-fumeurs comme chez les fumeurs, avec une interaction plutôt multiplicative chez les fumeurs. Le

Le niveau de référence de l'OMS

« Aux vues des dernières données scientifiques, l'OMS propose un niveau de référence de 100 Bq/m³ pour minimiser les risques sur la santé dus à l'exposition au radon dans l'habitat. Toutefois, si ce niveau ne peut être atteint en raison des contraintes spécifiques de chaque pays, le niveau de référence choisi ne devra excéder 300 Bq/m³, ce qui représente approximativement 10 mSv par an selon les calculs récents de la CIPR 115. »

Source : OMS, *Handbook on Indoor Radon* – 2009

succès des campagnes antitabac fait que le nombre d'ex-fumeurs augmente. Il est important que la population soit également informée du risque de cet autre cancérigène pulmonaire qu'est le radon et apprenne comment le diminuer au maximum dans son environnement quotidien. Les différents acteurs intervenant au niveau du bâtiment doivent être régulièrement informés de ce risque et des moyens à mettre en place pour y remédier :

➤ au niveau de l'habitat, une bonne gestion de l'exposition est possible en se fondant sur une estimation moyenne de l'exposition annuelle des habitants, exprimée en becquerels par mètre cube, valeur indiquée directement par les dosimètres et donc facile à communiquer aux intéressés ;

➤ au niveau professionnel, suivant les conditions de travail, il est parfois nécessaire de vérifier le facteur d'équilibre entre le radon et ses descendants ainsi que les conditions d'empoussiérage.

À titre indicatif, dans la CIPR 115 (Annexe B), il est indiqué qu'une exposition à 1 WLM peut correspondre à une dose efficace variant entre 10 et 20 mSv^b suivant les conditions d'inhalation de ce gaz. ⚡

b. Millisievert. Le sievert est l'unité utilisée pour donner une évaluation d'impact des rayonnements sur l'homme.

Les études françaises sur le risque radon

Les principales études françaises ayant contribué à l'estimation du risque radon sont :

- les cohortes de mineurs d'uranium (COGEMA-AREVA) suivies et analysées à l'IRSN et publiées depuis les années 1980 ;
- les études cas-témoins menées en collaboration avec les hôpitaux de Brest, Quimper, Rennes, Charleville-Mézières, Limoges, Clermont-Ferrand, Montpellier, résultats publiés en 2004 (Baysson et al – Epidemiology 2004).

Quelques références concernant les études en population générale :

- Baysson H., Tirmarche M., Tymen G., 2004. *Indoor radon and lung cancer in France*. *Epidemiology*. 15(6), 709-716.
- Darby S., Hill D., Auvinen A., et al., 2005. *Radon in homes and risk of lung cancer: collaborative analysis of individual data from 13 European case-control studies*. *Brit. Med. J.* 330, 223-227.
- Darby S., Hill D., Deo H., et al., 2006. *Residential radon and lung cancer – detailed results of a collaborative analysis of individual data on 7148 persons with lung cancer and 14,208 persons without lung cancer from 13 epidemiological studies in Europe*. *Scand. J. Work Environ. Health* 32 (Suppl. 1), 1-84.
- Krewski D., Lubin J.H., Zielinski J.M., et al., 2005. *Residential radon and risk of lung cancer. A combined analysis of 7 North American case-control studies*. *Epidemiol.* 37-145.
- Krewski D., Lubin J.H., Zielinski J.M., et al., 2006. *A combined analysis of North American case-control studies of residential radon and lung cancer*. *J. Toxicol. Environ. Health Part A* 69, 533-597.
- Raaschou-Nielsen O., Andersen C.E., Andersen H.P., et al., 2008. *Domestic radon and childhood cancer in Denmark*. *Epidemiology* 19(4), 536-543.
- Catelinois O., Rogel A., Laurier D., Billon S., Hemon D., Verger P., Tirmarche M., *Lung cancer attributable to indoor radon exposure in France: impact of the risk models and uncertainty analysis*. (2006). *Environ Health Perspect.* 2006 Sep;114(9)1361.

Quelques références concernant les études sur les mineurs d'uranium :

- Lubin J., Boice J.D., Edling J.C., et al., 1994. *Radon and lung cancer risk: A joint analysis of 11 underground miner studies*. National Institutes of Health (NCI).
- Rogel A., Laurier D., Tirmarche M., and Quesne B 2002. *Lung cancer risk in the French cohort of uranium miners*. *J. Radiol. Prot.* 22, A101-6.
- Laurier D., Tirmarche M., Mitton N., et al., 2004. *An update of cancer mortality among the French cohort of uranium miners: extended follow-up and new source of data for causes of death*. *Eur. J. Epidemiol.* 19,139-46.
- Kreuzer M., Brachner A., Lehmann F., 2002. *Characteristics of the German uranium miners cohort study*. *Health Phys.* 83, 26-34.
- Brüske-Hohlfeld I., Rosario A.S., Wölke G., et al., 2006. *Lung cancer risk among former uranium miners of the WISMUT Company in Germany*. *Health Phys.* 90(3), 208-216.
- Grosche B., Kreuzer M., Kreishermer M.A., 2006. *Lung cancer risk among German male uranium miners: a cohort study, 1946-1998*. *Br. J. Cancer* 95, 1280-1287.
- Leuraud K., Billon S., Bergot D., et al., 2007. *Lung cancer risk associated to exposure to radon and smoking in a case-control study of French uranium miners*. *Health Phys.* 92(4), 371-378.
- Tirmarche M., Laurier D., Bergot D., Billon S., Brueske-Hohlfeld I., Collier C., Grosche B., Bijwaard H., Hammer G., Haylock R., Heidenreich W., Kaiser C., Kreuzer M., Leenhouts H., Brugmans M., Monchaux G., Morlier J.P., Muirhead C., Rispens S., Rogel A., Schaffrath-Rosario A., Schnelzer M., Tomasek L., Tschense A., Wichmann H.E. *Quantification of lung cancer risk after low radon exposure and low exposure rate: synthesis from epidemiological and experimental data. Final scientific report, February 2000-July 2003*. Contract FIGH-CT1999-0013, Brussels, Belgium: European Commission DG XII, Oct 2003. www.irsn.org/net-science/
- Vacquier B., Caer S., Rogel A., Feurprier M., Tirmarche M., Luccioni C., Quesne B., Acker B., Laurier D. *Mortality risk in the French cohort of uranium miners extended follow-up 1946-1999*. *Occupational and Environmental Medicine* 2008; 65 597-604
- M. Tirmarche (IRSN, France, Project Coordinator), D. Laurier (IRSN, France, WP1 Leader), F. Bochicchio (ISS, Italy, WP2 Leader), E. Cardis (CREAL, Spain, WP3 Leader), K. Binks (WSC, UK), W. Hofmann (USALZ, Austria, WP5 Leader), C. Muirhead (HPA, UK, WP6 Leader), and I. Canu (IRSN, France, WP7 Scientific secretary), on behalf of all project participants. *Alpha-Risk - Quantification of cancer and non-cancer risks associated with multiple chronic radiation exposures: Epidemiological studies, organ dose calculation and risk assessment* (2009). Final scientific report in the Frame of the European project "Alpha Risk" N° 516483, period 2005-2009
- Tomášek L., Rogel A., Tirmarche M., et al., 2008. *Lung cancer in French and Czech uranium miners – Risk at low exposure rates and modifying effects of time since exposure and age at exposure*. *Radiat. Res.* 169(2), 125-137.
- Tomášek L., Rogel A., Tirmarche M., et al., 2008. *Dose conversion of radon exposure according to new epidemiological findings*. *Rad. Prot. Dosim.* 130(1), 98 100.

Quelques références plus générales :

- Laurier D., Monchaux G., Rogel A., Morlier JP, Billon S., Quesne B, Tirmarche M. *Risque de cancer du poulmon associé à une exposition chronique au radon: synthèse des données humaines et animales*. Congrès de l'ADELF, Bordeaux (Fr), Sept 2004. *Rev Epidemiol Santé Publ* 2004; 52 155-156.
- Hélène Baysson, Solenne Billon, Olivier Catelinois, Jean-Pierre Gambard, Dominique Laurier, Agnès Rogel, Margot Tirmarche, 2004. *Radon et cancer du poulmon*, Environnement, Risques et Santé, vol 3, n°6, novembre-décembre 2004.
- M. Tirmarche, J.D. Harrison, D. Laurier, F. Paquet, E. Blanchardon, J.W. Marsh. *Lung cancer risk from radon and progeny and statement on radon*. 2010, ICRP publication 115, Ann ICRP 40(1).
- UNSCEAR, 2009. *UNSCEAR 2006, Annexe E: Sources-to-effects assessment for radon in homes and workplaces*. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. United Nations, New York.
- WHO, 1986. *Indoor air quality research*. Report on a WHO meeting, Stockholm, 27-31 August 1984. World Health Organization, Copenhagen.
- WHO, 1996. *Radon*. World Health Organization, Copenhagen.

ANALYSE

La gestion du risque lié au radon

© ASN



GESTION DES RISQUES LIÉS AU RADON : LA NÉCESSITÉ D'UN VÉRITABLE PILOTAGE STRATÉGIQUE DU PLAN NATIONAL D' ACTIONS

Par Jean-Luc Godet, directeur, et Éric Dechaux, chargé d'affaires à la direction des rayonnements ionisants et de la santé de l'ASN

L'essentiel

La mise en place d'une réglementation sur le risque radon en 2002, son extension aux établissements ouverts au public et aux lieux de travail, ainsi que deux plans nationaux d'actions illustrent la volonté de la France de se saisir de la problématique « radon ». Néanmoins, certaines mesures, comme le dépistage dans les immeubles d'habitations, peinent à s'imposer. Le troisième plan d'actions et la transposition nationale de la directive européenne Euratom devraient permettre de doter notre pays d'une véritable stratégie de lutte contre l'une des premières sources de radioactivité.

L'ASN en tant qu'Autorité de radioprotection se mobilise fortement pour une meilleure gestion du risque radon. Ce gaz cancérigène pour le poumon contribue en effet significativement à l'exposition aux rayonnements ionisants de la population française. En collaboration avec l'Autorité norvégienne de radioprotection (*Norwegian Radiation Protection Authority – NRP*), l'ASN a organisé récemment un atelier européen consacré aux stratégies de gestion des risques liés au radon et aux plans nationaux d'action qui y sont associés (voir article p. 55).

Cette manifestation, est à placer dans le cadre des travaux engagés par les États membres de l'Union européenne pour transposer la nouvelle directive Euratom 2013/59 fixant les normes de base en radioprotection. Ceux-ci disposent d'un délai de quatre ans pour préparer ou mettre à jour leur stratégie de réduction de l'exposition liée au radon et le plan national d'actions associé. Dans ce cadre, l'ASN a présenté la stratégie française, en place depuis 2004, ainsi qu'un retour d'expérience basé sur l'analyse des deux plans nationaux d'actions déployés depuis 2005. Nous rappelons ici les principaux éléments de la stratégie française et de la nouvelle directive Euratom, ainsi que les enseignements tirés de l'atelier européen.

Premières campagnes de mesures à l'échelle nationale

Pour la population française, l'exposition au radon constitue, avec l'exposition médicale, la première source d'exposition aux rayonnements ionisants, le radon étant considéré comme agent cancérigène pulmonaire certain pour l'homme (groupe I dans la classification du Centre international de recherche sur le cancer, voir article p. 41). Selon les estimations

de l'Institut national de veille sanitaire (InVS), entre 1 234 et 2 913 décès par cancer du poumon seraient attribuables chaque année à l'exposition domestique au radon en France, soit entre 5 % et 12 % des cas (*Bulletin épidémiologique hebdomadaire – BEH –*, 2007). Cette part attribuable au radon varie en fonction du département et du statut tabagique puisque plus de 70 % des personnes décédées d'un cancer du poumon seraient des fumeurs ou ex-fumeurs. Pour estimer ce risque radon, une première campagne de mesures avait été réalisée conjointement par l'Institut de protection et de sûreté nucléaire (IPSN)^a et les directions départementales des affaires sanitaires et sociales (DDASS) dans l'habitat, au cours des années 1980. Ce programme avait permis de mieux connaître l'exposition au radon en France : la moyenne arithmétique des activités volumiques de radon mesurées dans l'habitat français avait été estimée à 89 Bq/m³ et les moyennes par département étaient comprises entre 22 Bq/m³ (Paris) et 264 Bq/m³ (Lozère). Ces résultats montraient la grande variabilité entre les régions.

Une seconde campagne de mesures dans les établissements recevant du public (ERP), lancée en 1999 par la Direction générale de la santé puis placée, à partir de 2004, dans un nouveau cadre réglementaire établi par la Direction générale de la sûreté nucléaire et de la radioprotection (DGSNR, ex-ASN), a permis ensuite de réaliser des dépistages dans plus de 13 000 établissements ouverts au public, en particulier scolaires. Précisons que ces mesures d'activité volumique du radon sont effectuées selon les normes en vigueur (norme AFNOR devenue norme ISO), par l'IRSN ou par l'un des cinquante organismes agréés par l'ASN (tels que mentionnés à l'article R.1333-15 du code de la santé publique).

a. Devenu IRSN en 2002.



Un nouveau cadre réglementaire pour les établissements recevant du public...

En France, la réglementation relative à la gestion du risque radon, mise en place à partir de 2002, s'est progressivement étendue à de nouveaux champs d'intervention. Les établissements ouverts au public sont, en premier lieu, concernés par le code de la santé publique (article L.1333-10 et R.1333-15 et 16), notamment l'arrêté du 22 juillet 2004 relatif à la gestion du risque radon dans les lieux ouverts au public. Celui-ci fixe les modalités de surveillance des expositions et d'intervention dans les établissements d'enseignement, y compris les bâtiments d'internats, et dans les établissements sanitaires et sociaux, thermaux et pénitentiaires. Les propriétaires de ces structures sont tenus, lorsqu'ils sont situés dans l'un des trente et un départements prioritaires définis par cet arrêté, d'effectuer les mesures de l'activité volumique du radon et, si besoin, de mettre en œuvre les mesures nécessaires pour diminuer l'exposition au gaz. Les trente et un départements ont été identifiés comme étant les plus exposés au radon du fait de leurs caractéristiques géologiques, quand la moyenne des activités volumiques mesurées y était supérieure à 100 Bq/m³.

... ainsi que pour les lieux de travail et bâtiments d'habitation

Depuis 2008, la réglementation relative à la protection des travailleurs vis-à-vis de l'exposition au radon (article R.4451-136 du code du travail) exige également que, dans certains lieux de travail (lieux souterrains où est exercée une activité définie par l'arrêté du 7 août 2008) situés dans l'un des trente et un départements prioritaires, l'employeur procède à des mesures de l'activité volumique du radon, en sollicitant l'expertise d'un organisme agréé.

La loi n° 2009-879 du 21 juillet 2009 portant réforme de l'hôpital et relative aux patients, à la santé et aux territoires (loi HPST), a complété les dispositions législatives du code de la santé publique, en étendant l'obligation de mesure de l'activité volumique du radon et de ses descendants à certaines catégories de bâtiments définies par décret, notamment aux bâtiments d'habitation. Cependant, le décret d'application de la loi, qui devait notamment préciser le niveau maximal d'activité au-dessus duquel il est nécessaire de réduire les expositions au radon, ainsi que les catégories d'immeubles concernées par ces nouvelles dispositions, n'a jamais été publié.

Dans les lieux ouverts au public, les campagnes de mesures doivent être réalisées entre le 15 septembre d'une année « n » et le 30 avril d'une année « n+1 ». Entre 2005 et 2013, plus de 12 000 établissements ont été contrôlés (62 % d'établissements d'enseignement et 37 % d'établissements sanitaires et sociaux). Dans 83 % d'entre eux, la concentration était inférieure au niveau de référence (400 Bq/m³). Dans 13 %, elle était comprise entre 400 et 1 000 Bq/m³ et dans 4 % des cas, la valeur de 1 000 Bq/m³ était dépassée. À noter que sur les vingt-six établissements thermaux dépistés, neuf affichaient un niveau d'action supérieur à 400 Bq/m³ et deux, supérieur à 1 000 Bq/m³.

En milieu de travail, le nombre de structures contrôlées reste très faible. Soixante-cinq lieux ont fait l'objet d'un dépistage : principalement des usines hydrauliques/barrages (21), des cavités (8) et des bâtiments souterrains situés dans les lieux ouverts au public (18). Plus de 61 % des établissements visités enregistraient une activité volumique en dessous du niveau d'action de 400 Bq/m³ et 26 % affichaient plus de 1 000 Bq/m³.

Le plan national d'actions 2011-2015

En lien avec le Plan national santé environnement (PNSE) 2004-2008, le premier plan national d'actions 2005-2008 relatif à la gestion du risque lié au radon avait été élaboré par la DGSNR en 2005, en collaboration avec la Direction de l'habitat, de l'urbanisme et des paysages (DHUP), l'IRSN, l'InVS et le Centre scientifique et technique du bâtiment (CSTB). Il avait permis, d'une part, la réalisation d'actions importantes pour accompagner la mise en œuvre de la réglementation concernant les lieux ouverts au public, d'autre part, une collaboration étroite entre les différents acteurs impliqués dans la problématique radon. Le bilan de ce premier plan est accessible sur www.asn.fr.

Afin de poursuivre cette dynamique, un deuxième plan national d'actions 2011-2015 a été validé par le directeur général de la santé, le directeur général du travail, le directeur général de l'ASN et le directeur de l'habitat, de l'urbanisme et des paysages. Un comité technique piloté par l'ASN en assure le suivi, en collaboration avec les partenaires déjà impliqués, ainsi que des représentants du tissu associatif et des professionnels de la « mesure ».

Carte du potentiel d'exhalation du radon



ANALYSE

La gestion du risque lié au radon

Ce second plan est structuré autour de cinq grands axes :

- mettre en place une politique en matière de gestion du risque lié au radon dans les bâtiments existants à usage d'habitation (fiches 1 à 7) ;
- mettre en place une réglementation pour les bâtiments neufs à usage d'habitation (fiches 8 à 10) ;
- assurer le suivi de la réglementation des lieux ouverts au public et de la réglementation applicable aux travailleurs (fiches 11 à 14) ;
- développer et mettre en place de nouveaux outils de gestion et un dispositif opérationnel de réalisation des diagnostics des bâtiments et de conduite des travaux par les professionnels du bâtiment (fiches 15 à 24) ;
- coordonner la politique en matière d'études et de recherche (fiches 25 à 30).

À mi-parcours, l'état d'avancement de ce deuxième plan pourrait être considéré comme tout à fait honorable puisque, sur les trente actions prioritaires identifiées en novembre 2011, douze ont été terminées, douze sont en cours de réalisation et seules six n'ont pas encore été engagées.

Toutefois, le bilan devient beaucoup plus mitigé si l'on considère la situation figée depuis 2011, de deux actions phares et d'ordre réglementaire de ce plan, l'une prévoyant le dépistage du radon dans les immeubles d'habitation (le décret d'application, prévu par la loi portant réforme de l'hôpital et relative aux patients, à la santé et aux territoires du 21 juillet 2009, n'a pas, à ce jour, été publié), ainsi que celle relative à la réalisation d'une nouvelle cartographie des zones prioritaires qui a été liée à la publication du décret prévoyant le dépistage du radon dans les immeubles d'habitation.

Parmi ces trente actions, on retiendra en particulier :

- la mise en place d'une expérimentation, avec l'aide de l'Association nationale de défense des consommateurs et usagers du Finistère sur le territoire de la communauté de communes Concarneau-Cornouaille (voir article p. 50), d'un dispositif d'accompagnement de la nouvelle réglementation : campagne de

dépistage dans une zone pilote et élaboration de « kits radon » destinés à la mesure dans l'habitat (actions 3 et 4 du plan). Un bilan de cette expérimentation sera réalisé en décembre 2014 et sera publié sur www.asn.fr.

- La réalisation d'un *Guide d'aide à la décision à destination des collectivités territoriales pour la gestion du risque lié au radon*. Cet ouvrage vise à préciser aux collectivités territoriales leurs obligations en tant que propriétaires d'ERP ou en tant qu'employeur, mais également à leur apporter un soutien, dans le cadre de leur action sociale, en matière de sensibilisation au risque radon dans l'habitat. La mise en ligne de ce guide n'attend plus que la publication de la nouvelle cartographie des « zones à risque radon ».

- La mise en place de la nouvelle cartographie des « zones à risque radon » (actions 15 et 16 du plan). En lieu et place de cette liste de trente et un départements, l'IRSN a publié en 2013, à la demande de l'ASN, un zonage à l'échelle de la commune, basé sur le potentiel radon des sols. Cette cartographie du territoire métropolitain et des départements et régions d'outre-mer est réalisée à partir des données lithologiques et géochimiques fournies par le Bureau de recherches géologiques et minières (BRGM), et l'analyse de cofacteurs (présence de failles, de travaux miniers...). Elle est accessible sur le site de l'IRSN. Sa traduction en carte réglementaire des zones prioritaires pour la mesure du radon est en cours de finalisation.

Intégrer les nouvelles exigences de la directive Euratom

L'ensemble de ces dispositions prises à l'échelle nationale, devra tenir compte de la nouvelle directive Euratom. Celle-ci prévoit, pour chaque État membre, un renforcement des prescriptions pour les sources naturelles de rayonnements ionisants avec notamment un raffermissement des exigences relatives au radon :

- obligation de disposer d'un plan national d'actions ;

- introduction du principe d'optimisation et du concept associé, recommandé par la CIPR (103) de « niveau de référence » au lieu de « niveau d'actions » ;
- niveau de référence identique pour l'habitat, les établissements ouverts au public et les lieux de travail (maximum de 300 Bq/m³, valeur haute de la recommandation de l'OMS) ;
- nouvelle stratégie de gestion du risque radon en milieu de travail (proche de la stratégie existante en France, voir code du travail).

La transposition de cette directive nécessitera des modifications du dispositif réglementaire et du plan d'actions français (le troisième plan, qui sera préparé dès 2015, devra en tenir compte). À l'ASN, elle apporte un levier pour parvenir à finaliser le dispositif réglementaire relatif aux immeubles d'habitation et aux constructions neuves, prévu dans le plan national d'actions 2011-2015. Ce dernier devra aussi faire l'objet d'un examen afin que soit vérifiée son exhaustivité vis-à-vis des exigences de la nouvelle directive Euratom (et notamment, son annexe XVI).

Des stratégies nationales différentes, un objectif commun

Latelier européen, organisé par l'ASN et la NRPA en octobre dernier, a offert l'opportunité de comparer les actions en place ou en préparation, dans les différents pays par les Autorités sanitaires, afin de réduire l'exposition au radon dans les habitations, les bâtiments ouverts au public (tels que les écoles) et les lieux de travail. Les solutions préventives et correctives, accompagnées de mesures incitatives et d'une communication adaptée, de nature à augmenter la sensibilité du public, tout comme les actions d'éducation et de formation de tous les acteurs concernés, sont considérées par tous comme des conditions de succès de ces stratégies.

Les présentations faites au cours de ce séminaire ont montré que les stratégies nationales pouvaient être différentes d'un pays à l'autre, du fait de circonstances nationales spécifiques – nombre plus ou moins élevé de personnes vivant dans les zones où le risque d'exposition au radon est élevé, conditions géologiques locales...

Quoi qu'il en soit, toutes les stratégies sont basées sur un objectif commun de



réduction des concentrations moyennes, considérant que le radon est un problème de santé publique qui nécessite une gestion coordonnée, impliquant tous les secteurs de la société. Globalement, les conclusions suivantes ont été validées par les participants¹ :

- S'agissant du risque additionnel de cancer pour les fumeurs et non-fumeurs, en relation avec l'exposition au radon, le plan national d'actions doit viser simultanément la réduction du risque individuel lié à des concentrations élevées en radon et le risque global pour la population, en réduisant la concentration moyenne nationale.
- Pour être efficace, la stratégie nationale doit être basée sur une forte coopération des différentes autorités concernées, et impliquer les niveaux territorial, régional et national. La participation des organisations non gouvernementales et autres associations est également de première importance. Enfin, il apparaît nécessaire de désigner une autorité chargée de mettre en place et coordonner les actions du plan national.
- La réglementation devrait faire partie des actions à faire figurer dans le plan national, en particulier pour les nouvelles constructions, les mesures préventives devant être considérées comme les plus efficaces en termes de rapport coût/bénéfice. Cela est aussi valable, cependant, pour certaines constructions existantes telles que celles réservées aux logements locatifs, les bâtiments ouverts au public (écoles, garderies...) et certains lieux de travail.
- La communication, basée sur des messages clairs, ciblée sur des groupes pré-identifiés (tels qu'élus, professionnels de santé, acteurs du bâtiment, population...) et coordonnée entre les différentes autorités est également un élément clef de la stratégie.

- La mise en œuvre de mesures préventives dans les constructions et d'actions de remédiation dans les bâtiments existants nécessite des outils techniques (guides, normes...), conciliant des critères d'économie d'énergie et de préservation de la qualité de l'air intérieur – ces outils sont déjà disponibles –, ainsi que des programmes de formation des professionnels du bâtiment et d'éducation des personnes vivant dans ces lieux.

En conclusion, l'ASN souligne que les échanges d'expérience réalisés dans le cadre de cet atelier européen permettent d'ores et déjà de mettre en évidence, en France, le niveau insuffisant du pilotage stratégique du plan national de gestion des risques liés au radon. La préparation puis la validation du troisième plan, dès le début de l'année 2015, devra permettre de combler cette faiblesse qui se traduit, par exemple, par une absence totale de visibilité sur la réglementation en matière de dépistage du radon pour les constructions neuves et dans l'habitat existant et concernant la nouvelle cartographie des zones prioritaires.

Enfin, toutes les stratégies aujourd'hui déployées en Europe montrent qu'il est important d'agir, à la fois pour sensibiliser la population et les acteurs, aux niveaux national, régional et local, mais aussi pour développer la formation des professionnels (santé, bâtiment). La réglementation a également toute sa place dans ces stratégies, elle est un outil particulièrement pertinent pour les constructions neuves et dans les immeubles existants, tels que les lieux ouverts au public, les milieux de travail mais aussi les maisons d'habitation individuelles relevant du secteur locatif. ♡

“ L'ASN souligne que les échanges d'expérience réalisés dans le cadre de cet atelier européen permettent d'ores et déjà de mettre en évidence, en France, le niveau insuffisant du pilotage stratégique du plan national de gestion des risques liés au radon. ”

1. Le rapport final de l'atelier européen, incluant la synthèse des présentations et les principales recommandations, sera bientôt en ligne sur les sites Internet de l'ASN et de la NRPA. Les présentations sont déjà en ligne (voir QR Code en haut de la page).

ANALYSE

La gestion du risque lié au radon



RADON ET SANTÉ : UNE OPÉRATION PILOTE À PROLONGER

Entretien avec Patrick Debaize, coordonnateur « radon » à l'union départementale Consommation, Logement et Cadre de Vie du Finistère

Contrôle : pouvez-vous présenter l'opération de campagne de mesure du radon réalisée sur le territoire de Concarneau Cornouaille agglomération ?

Patrick Debaize : l'union départementale Consommation, Logement et Cadre de Vie (CLCV) du Finistère a souhaité répondre à l'appel à projets de l'Institut national du cancer (INCa)^a visant à organiser des mesures de dépistage du radon dans les habitations. En effet, nous sommes particulièrement sensibles aux enjeux liés à la qualité de l'air dans les logements et la Bretagne est l'une des régions françaises où les concentrations en radon sont les plus élevées. Pour cette expérimentation, nous avons ciblé le territoire de Concarneau Cornouaille agglomération^b, qui convenait en termes de surface et de nombre de logements. Celui-ci compte en outre deux unions locales de la CLCV, un réseau de bénévoles et une opération programmée d'amélioration de l'habitat (OPAH). L'objectif était de distribuer gratuitement, pendant deux hivers, 5000 dosimètres

(fournis par la Direction générale de la santé) aux habitants, pour les inviter à mesurer le taux de radon dans leur logement. Cela devait nous permettre de réaliser un diagnostic du territoire, de sensibiliser les riverains et les acteurs locaux concernés au risque radon, mais aussi, in fine, de tester une méthodologie pour envisager de réitérer l'expérience ailleurs.

Avez-vous rencontré des difficultés dans la mise en œuvre de cette opération ?

Les relations avec les collectivités, qui nous ont beaucoup aidés, ont été aisées. Nous avons aussi réussi à fédérer 21 partenaires, institutionnels ou associatifs. Mais la population a été difficile à mobiliser. Les gens disaient : « Il y a toujours eu du radon, ce n'est pas près de s'arrêter ! Alors, à quoi bon... ? »

De même, nous avons eu du mal à mobiliser les professionnels de santé, qui sont des acteurs de première ligne sur le radon. Nous n'avons pas eu de retour des médecins sur les documents que nous leur avons envoyés, ni pu les compter aux rencontres que nous avons organisées. Si le sujet a été abordé lors des consultations patients, nous ne pouvons le mesurer. Constat similaire chez les professionnels du bâtiment, où la formation n'aborde pas toujours la question du radon et où nous avons rencontré peu d'entreprises intéressées par le sujet, même si nous notons des évolutions positives dans ce secteur. Ces professionnels doivent pouvoir apporter des réponses adéquates aux particuliers leur demandant des travaux d'amélioration de leur habitat. Les enseignements de la campagne devraient favoriser la prise de conscience, mais aussi mettre en avant l'enjeu économique : la remédiation représente un réel marché !

Quels en sont les premiers résultats ?

Pendant trois hivers, de 2012 à 2014, nous avons distribué 4500 appareils de mesure dans les mairies, marchés et

centres commerciaux. La mesure se réalise pendant deux mois consécutifs en période hivernale : c'est à la saison froide, quand les logements sont le plus chauffés et confinés, que le radon est le plus présent.

Sur les hivers 2012, 2012-2013 et 2013-2014, 15 à 20 % des foyers de la zone ont passé leur habitat au filtre du dosimètre. Les tendances générales sont claires : sur la zone, il y a du radon presque partout, avec un potentiel supérieur dans les terres que sur la côte. La valeur moyenne dans les habitats est de 260 becquerels par mètre cube (Bq/m³). Environ 4 % des habitations mesurées affichent un taux de plus de 1 000 Bq/m³. Enfin, il apparaît que les bâtiments anciens ayant fait l'objet d'une rénovation thermique, mieux isolés, affichent une moyenne de mesure plus élevée que les anciens non rénovés.

Quel est, selon vous, le devenir de ce genre d'opération ?

Notre campagne n'est pas terminée : il nous reste 1 100 dosimètres, que l'ARS fournira aux habitants qui en feront la demande, sur l'ensemble du Finistère. Mais nous savons déjà qu'une telle expérience est tout à fait reproductible. Des actions du même type ont d'ailleurs déjà été mises en place dans la Creuse, les Pyrénées ou encore à Nantes, où sont réalisées des mesures par quartier. Ces initiatives ponctuelles, marginales, sont le fait d'associations locales ou de l'ARS. Or, une partie de la politique de l'habitat dépend des collectivités territoriales et il faut continuer à sensibiliser les décideurs. Nous essayons de les amener à réfléchir à des aides financières à la remédiation. L'un des enjeux, pour la suite, sera aussi d'informer davantage le public. Notre opération reposait sur le volontariat ; il serait intéressant d'aller au-delà, en trouvant d'autres moyens – réglementaires, par exemple – pour toucher le plus grand nombre. Faire passer le sujet dans les mœurs prend du temps. Car le radon n'a ni forme ni odeur : c'est un risque invisible. ♦

a. Dans le cadre du plan cancer 2009-2013 et du plan national d'actions pour la gestion du risque radon, l'INCa a lancé, en octobre 2010, un appel à projets « Mettre en place une expérimentation d'un accompagnement de la nouvelle réglementation sur une zone pilote », relayé par l'Agence régionale de santé (ARS) de Bretagne.

b. Concarneau Cornouaille agglomération compte neuf communes, plus de 50 000 habitants et environ 23 000 logements.

La CLCV : six décennies d'action

Indépendante et créée en 1952, la CLCV (union départementale Consommation, Logement et Cadre de Vie) est l'une des deux principales associations de consommateurs généralistes en France. Son objectif est de défendre les intérêts des particuliers, en vue d'une consommation responsable qui prenne en compte l'intérêt général. À travers ses quelque 400 permanences locales, la CLCV intervient sur des sujets aussi variés que la défense des consommateurs, la représentation des locataires, la défense de l'environnement, la représentation des usagers du système de santé ou encore l'éducation populaire.

Pour en savoir plus : www.clcv.org



PROTECTION DES BÂTIMENTS : DES PROGRÈS À ENCOURAGER

Entretien avec Bernard Collignan, ingénieur de recherche, spécialiste de la qualité de l'air au CSTB

Contrôle : dispose-t-on d'une bonne connaissance des techniques de protection des bâtiments vis-à-vis de l'exposition au radon ?

Bernard Collignan : sur le principe, oui. Nous connaissons bien les différentes techniques de protection des bâtiments vis-à-vis du radon, principalement grâce à l'expérience acquise ailleurs, essentiellement au Royaume-Uni, en Amérique du Nord ou dans les pays scandinaves qui se sont intéressés à la question de la qualité de l'air bien avant nous. Le Centre scientifique et technique du bâtiment (CSTB) a également mené des études pilotes in situ, dans des maisons expérimentales. Celles-ci nous ont permis de développer une expertise « radon » que nous avons explicitée dans deux guides pratiques à destination des professionnels, parus en 1999 puis en 2008.

Nous savons donc que le radon, gaz contenu dans la porosité du sol, rentre dans un bâtiment via l'interface entre ce dernier et le sol. Avec la dépression existant entre l'environnement intérieur du bâtiment et le sol sous-jacent. L'air chargé en polluant est aspiré par l'ouvrage. C'est la première

cause d'entrée du radon. La première des méthodes de lutte contre le radon vise donc à empêcher l'air venant du sol de rentrer dans le bâtiment. L'autre niveau d'intervention repose sur la gestion de l'air, une fois le polluant entré. Nous cherchons ici à diluer le taux de radon dans l'air intérieur. Globalement, les techniques sont connues et, même s'il est toujours possible de les améliorer, nous savons faire !

Ces techniques diffèrent-elles, selon que l'on considère la prévention des bâtiments neufs ou la remédiation des bâtiments existants ?

Nous avons recours aux mêmes principes techniques, pour le neuf et la rénovation. Selon le projet, le bâtiment (ancien ou récent) et son environnement, le professionnel sera amené à combiner l'un ou l'autre des trois principes techniques existants, pour définir la solution la plus adaptée. Le premier a trait à l'étanchéité : il s'agit de garantir ou de renforcer l'étanchéité du bâtiment, sur ses différentes interfaces avec le terrain. Ensuite, puisque cet étanchéité n'est jamais « parfait », une deuxième famille de solutions consiste à jouer sur la ventilation : un renouvellement correct de l'air dans l'ouvrage permet de diluer la présence du radon. Cela se fait d'office pour le neuf, puisque l'installation d'un dispositif de ventilation mécanique contrôlée (VMC) est aujourd'hui obligatoire.

Enfin, le troisième principe consiste à traiter le soubassement (vide sanitaire, cave, dallage sur terre-plein), afin de surventiler les espaces au plus proche du sous-sol. Ce traitement peut être effectué par aération naturelle ou ventilation mécanique. Le système de mise en dépression du sol (SDS), par exemple, consiste à générer, sous le plancher bas, un champ de pression à un débit très faible, inférieur à celui régnant au niveau du sol. L'air du soubassement est alors extrait mécaniquement vers l'extérieur. Cette méthode spécifique

au radon est à ce jour la plus efficace pour freiner l'entrée du polluant. C'est aussi la moins évidente à mettre en place. Alors que la mise en œuvre de ces principes est relativement systématique dans un projet de construction, elle devra être définie et réalisée au cas par cas pour une construction existante.

La compétence des acteurs vous paraît-elle suffisante pour gérer la problématique radon ?

À mon sens, non. D'une manière générale, les acteurs de la construction, qu'ils travaillent dans le neuf ou l'existant, sont très peu au fait de la problématique. En formation initiale, ni les techniciens du bâtiment, ni les architectes ou ingénieurs ne sont sensibilisés au radon.

Sur le terrain, il y a, ça et là, des initiatives d'artisans qui ont pu être amenés à intervenir sur des chantiers de remédiation. Mais ce sont des exceptions. À l'heure actuelle, la réglementation n'impose la mesure du radon et la remédiation qu'à certains établissements recevant du public existants – écoles, établissements sanitaires et sociaux avec hébergement, certains lieux de travail souterrains – dans les seuls départements dits « prioritaires ».

Tout cela ne génère pas encore suffisamment d'activité pour que les professionnels du bâtiment s'investissent fortement sur cette problématique. Or, la question du radon est intrinsèquement liée à celle de l'air intérieur. Nous devons réaliser que la radioactivité est un polluant comme un autre, et considérer la lutte contre le radon comme un enjeu de santé publique. Les moyens techniques de protection existent. Il est maintenant nécessaire d'avancer sur la mise en place d'une politique vigoureuse de sensibilisation et d'incitation associée au développement de la formation des professionnels. ♦

Qu'est-ce que le CSTB ?

Établissement public à caractère industriel et commercial, le Centre scientifique et technique du bâtiment (CSTB) est placé sous la tutelle de la Direction générale de l'aménagement, du logement et de la nature au ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie. Acteur indépendant, à l'interface de la filière et des pouvoirs publics, il réalise des études et recherches pour l'amélioration des connaissances et techniques. Le CSTB travaille en réseau avec quelque 700 experts du secteur de la construction et 100 auteurs ou formateurs externes.

ANALYSE

La gestion du risque lié au radon



LA GESTION DU RISQUE RADON LIÉ À LA PRÉSENCE ANORMALE DE RÉSIDUS MINIERS SOUS UNE HABITATION

Par Jérémie Vallet, adjoint au chef de la Mission de la sûreté nucléaire et de la radioprotection au ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie



L'essentiel

Au printemps dernier, l'affaire Bessines a défrayé la chronique : les services publics ont découvert qu'une maison dont la propriétaire exerçait une activité d'assistante maternelle était bâtie sur d'anciens résidus de traitement de minerais d'uranium, exposant ainsi ses habitants à une forte exposition au radon. L'événement, qui a mis en évidence le risque lié au radon causé par la présence de stériles et résidus miniers, a suscité l'activation de la stratégie de gestion de situation d'urgence, au niveau local derrière la préfecture, comme au niveau national. Les services de l'État se sont ainsi mobilisés pendant tout le temps nécessaire à la gestion de la situation : coordination des acteurs, conduite des analyses, information des personnes exposées et du grand public... Le dispositif mis en place a permis de comprendre rapidement la situation et de trouver des solutions. Des études complémentaires et un retour d'expérience ont ensuite conduit au lancement d'une campagne de dépistage systématique dans un périmètre élargi.

Au sein du ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie, la Mission de la sûreté nucléaire et de la radioprotection (MSNR) est rattachée au Service des risques technologiques, lui-même rattaché à la Direction générale prévention des risques (DGPR). Nos missions, définies par l'arrêté ministériel de 2008¹, consistent notamment à représenter le Gouvernement pour ce qui concerne la sûreté nucléaire et la radioprotection (en lien avec le ministère de la Santé). En outre, nous avons la responsabilité de l'ensemble de la thématique relative à la gestion des anciennes mines d'uranium pour le compte de la DGPR. C'est à ce titre que nous avons été impliqués dans la gestion du « cas Bessines ».

Le « cas Bessines » nous a tout récemment amenés à conduire à une gestion de type « situation d'urgence ». Ceci, en raison de niveaux d'exposition au radon très élevés, du caractère sensible des populations potentiellement exposées et du nombre relativement important de personnes concernées. De plus, nous étions en présence d'un cas très rare : un risque de radioactivité lié à la présence de résidus de traitement du minerai d'uranium dans le domaine public. Les stériles miniers sont les matériaux restant après l'extraction de minerai des roches excavées. De nombreux stériles ont fait l'objet de « valorisation » légale à l'époque, en étant utilisés comme matériel de remblai, par exemple. Or, si ce sont des matériaux naturels, certaines roches affichent une radioactivité élevée. Les stériles issus des mines d'uranium, par exemple. Les résidus miniers sont issus des opérations de traitement du minerai. Ces sous-produits contiennent en général davantage de radium que les stériles et leur forme (sables) rend les exhalations de radon plus importantes.

Un cas inédit

La découverte à Bessines-sur-Gartempe, en Haute-Vienne, de l'utilisation de résidus de traitement d'uranium en remblai sous une habitation a constitué une première. Rappelons les faits : en réponse à une circulaire de 2009 demandant l'amélioration des connaissances autour des anciennes mines d'AREVA, en particulier sur la réutilisation des stériles miniers issus de l'activité datant des années 1960, l'exploitant a engagé dès 2009 une campagne de mesures par survol aéroporté au-dessus de ses anciens sites d'exploitation. Ces observations ont mis en évidence 1 300 zones où des stériles miniers avaient été utilisés. Ensuite, des études d'impact dont le suivi méthodologique a été réalisé par l'ASN, l'IRSN et nos services de la MSNR afin d'évaluer la compatibilité des usages existants avec la présence de ces stériles, ont été menées entre 2011 et 2013.

Dans le cadre de la définition de travaux de réhabilitation, il est apparu qu'une habitation en particulier, localisée sur la commune de Bessines, affichait des concentrations anormalement élevées de radon : 30 000 Bq/m³ de radon. En effet, elle avait été bâtie à la fois sur des stériles miniers et sur un à deux mètres de résidus de traitement de minerais d'uranium ! Nous étions donc en présence d'un cas inédit. D'autant que le risque radon était lié à une activité industrielle (*l'usine de Bessines a fonctionné de 1958 à 1993, ndlr*), ce qui est rare – il est plus généralement la résultante d'un phénomène naturel – et engendre des concentrations en radon très élevées.

Dès la mise en évidence de la présence de résidus (mesure de l'activité en radium) par AREVA, la mobilisation des services de l'État a été immédiate. Nous en avons été informés en même temps que la

préfecture de Haute-Vienne. Alors que celle-ci organisait l'action locale aux côtés de l'Agence régionale de santé (ARS) et de la Direction régionale de l'environnement, de l'aménagement et du logement (DREAL), nous avons coordonné les acteurs au niveau national : l'IRSN, les services de notre ministère de tutelle, la Direction générale de la santé (DGS) et l'ASN. Le lendemain, avant toute communication auprès du public, nous avons d'emblée missionné l'IRSN pour qu'il réalise des contre-mesures de la dosimétrie sur le site, qui se sont avérées similaires aux mesures d'AREVA. L'IRSN s'est également rendu sur place pour évaluer l'impact sanitaire lié à la concentration de radon (*voir page suivante, l'interview d'Alain Rannou sur le sujet*). Afin de coordonner tous les acteurs concernés (locaux ou nationaux), nous avons organisé, pendant toute la durée de l'événement, deux à trois conférences téléphoniques par semaine.

Anticiper, ne rien cacher

La communication a été pilotée par le préfet au niveau local. Cependant, étant donné la sensibilité du sujet, une coordination a été mise en place au niveau national. Elle a fait l'objet d'un travail collectif de l'ensemble des acteurs. Les communiqués de presse ont été rédigés localement et validés au niveau national, avant d'être publiés par la préfecture. Celle-ci a également engagé une action d'information continue auprès du maire de Bessines et des riverains les plus proches.

La stratégie de communication a fait l'objet d'une réflexion approfondie afin de déterminer le timing adéquat, et les informations pertinentes à diffuser compte tenu des incertitudes présentes. Nous ne voulions pas informer le grand public avant les personnes concernées, et avons donc pris le temps de réunir les familles dès le début de la crise, puis après analyse des résultats : résidents de la maison, bien sûr, mais aussi toutes les personnes y ayant séjourné, en particulier les enfants gardés en quatorze ans par la propriétaire de la maison, assistante maternelle. Nous avons également organisé une réunion d'information avec

la Commission de suivi de site (CSS) de la Haute-Vienne. En somme, nous avons cherché à assurer une communication honnête, transparente, mais aussi rapide et proactive qui, je crois, a permis d'éviter l'emballement médiatique et la panique de la population.

La gestion de cette situation nous a mobilisés presque deux mois sans interruption. Mais la MSNR continue à suivre l'affaire de près, et organise périodiquement des réunions avec ses différents interlocuteurs, principalement au niveau national. Nous pilotons ainsi un groupe de travail interministériel dont l'objectif est de mieux formaliser l'organisation des services de l'État pour faire face à une situation de ce type. En outre, la ministre de l'Écologie a demandé que soit réalisée une enquête administrative indépendante sur la réutilisation des résidus miniers en dehors des sites miniers et des lieux de stockage autorisés. Celle-ci a été publiée fin juin². À l'heure actuelle, la DREAL achève le traitement administratif du dossier permettant la gestion des résidus miniers identifiés et leurs déplacements vers une filière adaptée. AREVA a élaboré un plan d'actions pour racheter puis détruire la maison, et évacuer les résidus.

Une stratégie de dépistage affinée

Enfin, le retour d'expérience de cet événement nous a conduits à affiner notre stratégie de dépistage du radon dans les zones de présence de stériles miniers. L'un des principaux enseignements de Bessines a été de comprendre que l'impact sanitaire potentiel le plus important est lié à la présence de radon dans des lieux clos. Nous avons donc demandé à AREVA de réaliser un diagnostic systématique dans tous les lieux de vie situés à proximité des stériles, soit plus de 500 diagnostics prévus (concernant 470 sites, dont certains comportent plusieurs bâtiments) répartis dans huit régions et dix-sept départements. Cinquante sites ont d'ores et déjà été identifiés comme prioritaires, notamment lorsque les stériles sont collés au bâtiment. L'opération vient de débiter : les habitants concernés reçoivent un dosimètre dans leur boîte aux lettres,

enregistrent les mesures sur deux mois puis renvoient l'appareil à un laboratoire – tout cela se faisant évidemment sur la base du volontariat. Les résultats leur seront ensuite communiqués, ainsi qu'à AREVA et l'administration.

Si des concentrations anormales en radon sont décelées et qu'il s'avère qu'elles sont dues à la présence de stériles, un programme de travaux sera défini avec l'exploitant afin d'améliorer la situation. Cette démarche de dépistage systématique nous permettra peut-être de mettre en évidence des cas similaires à Bessines... même si, bien sûr, nous espérons ne pas retrouver de telles situations. Quoi qu'il en soit, nous espérons que cela contribuera à améliorer la confiance dans ces travaux et dans l'évaluation de la situation. ✦

1. Arrêté du 9 juillet 2008 portant organisation de l'administration centrale du ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement durable et de l'Aménagement du territoire.

2. Étude réalisée par le Conseil général de l'environnement et du développement durable (CGEDD) du ministère de l'Écologie, de l'Environnement et du Développement durable.



BESSINES VERS UNE NOUVELLE APPROCHE DU RISQUE SANITAIRE

Entretien avec Alain Rannou, adjoint à la directrice de la protection de l'homme à l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN)

Contrôle : quelle a été l'implication de l'IRSN dans le dossier Bessines ?

Alain Rannou : dès la découverte de concentrations anormalement élevées de radon dans la maison de Bessines-sur-Gartempe, nous avons été saisis par les pouvoirs publics. Notre mission était d'évaluer aussi précisément que possible l'exposition radiologique et le risque sanitaire induit pour les différents occupants de la maison. Cette mission a mobilisé de nombreux experts de l'IRSN pendant près de trois mois. Une première équipe est intervenue avec un laboratoire mobile pour réaliser des mesures radiologiques autour de la maison et à l'intérieur de celle-ci pour caractériser la situation radiologique. Par ailleurs, un médecin placé auprès de l'Agence régionale de santé (ARS) du Limousin et un second véhicule-laboratoire ont été mobilisés sur place pour réaliser des mesures anthroporadiométriques et procéder à des prélèvements urinaires nécessaires aux analyses radiotoxicologiques visant à s'assurer que les personnes n'étaient pas contaminées par d'autres radionucléides que le radon. Une fois l'ensemble des mesures réalisé, nous avons procédé à l'évaluation du risque sanitaire pour les personnes les plus exposées : habitants permanents de la maison – un homme de 49 ans et sa femme de 44 ans, résidant ici depuis dix-sept ans –, leurs deux filles, aujourd'hui majeures, ainsi que tous les enfants gardés par la propriétaire, assistante maternelle, qui s'est occupé de vingt-deux enfants en quatorze ans, mais aussi pour les propriétaires précédents... Soit, au total, une quarantaine de personnes. Des entretiens individuels approfondis avec les occupants actuels (sur leurs habitudes de vie, usage ou aération des différentes pièces...) nous ont enfin permis d'évaluer, pour chacun, l'exposition cumulée au radon et les risques pour la santé. Nous avons ainsi élaboré une démarche d'évaluation permettant d'estimer le risque de chaque individu, en fonction de son âge et de son exposition cumulée, tenant compte de sa durée de séjour dans les différentes pièces de la maison.

Quelles ont été vos conclusions ?

Les évaluations personnalisées de risque ont été communiquées à chacune des personnes concernées lors d'entretiens individuels organisés à l'ARS avec notre appui. Et l'ensemble de nos travaux a été présenté dans le rapport d'expertise remis aux autorités compétentes le 15 avril 2014. Nos conclusions sont celles-ci : les analyses biologiques ont prouvé l'absence de contamination interne par du radium ; l'inhalation de radon a constitué la voie essentielle d'exposition des personnes ayant séjourné dans la maison. La concentration en radon est d'une ampleur exceptionnelle : de 8 500 Bq/m³ dans la cuisine en journée, la valeur moyenne atteint 18 700 Bq/m³ dans le séjour la nuit, soit environ cinquante fois la concentration moyenne observée dans le département.

Les évaluations du risque associé à l'exposition au radon à ces concentrations ont permis d'estimer que les personnes ayant vécu plus de dix ans dans la maison ont une augmentation forte de probabilité de décès par cancer du poumon : de dix à quinze fois plus, soit un risque similaire à celui entraîné par une consommation tabagique régulière. Pour les enfants gardés, nous pensons que le risque est beaucoup plus faible, du fait d'une durée d'exposition beaucoup plus limitée.

Tout cela nous a conduits à formuler des recommandations à l'intention des particuliers concernés : en particulier, éviter le tabagisme, qui est un facteur aggravant manifeste ; limiter l'exposition respiratoire à des composés irritants ou toxiques et bien entendu limiter toute exposition excessive au radon dans le futur. Nous avons par ailleurs recommandé d'informer leur médecin traitant. Ces recommandations ont été complétées par l'avis d'un groupe d'experts mis en place par l'Institut national du cancer (INCa) pour faciliter le suivi médical des patients ayant subi une telle exposition prolongée au radon.

Quels enseignements avez-vous tirés de cette expérience, en terme d'expertise ?

Il nous a fallu, en un temps limité, récolter un très grand nombre d'informations afin de pouvoir appréhender la situation dans toutes ses dimensions et évaluer le risque pour un grand nombre de personnes. Nos services ont donc réalisé un travail très important. L'IRSN a également été confronté à la demande d'information du grand public, à qui il devait communiquer des données parfois complexes : comment expliquer simplement que « tel facteur multiplie par dix, ou par vingt, le risque de développer un cancer » ? Comment expliquer ce que cela implique, concrètement ? Nous avons appris à affiner notre discours ; cela a été pour nous très formateur.

Nous avons aussi compris que nous avions encore du travail à faire en matière d'expertise. Par exemple, comment réaliser en un temps très court des mesures représentatives d'exposition au radon sur de très longues durées ? De même, comment prendre en compte dans l'évaluation de risque finale toutes les incertitudes intervenant dans cette évaluation ? Enfin, nous avons fait le constat des méconnaissances scientifiques sur le risque lié à l'exposition pendant l'enfance. Le manque de données scientifiques sur les plus jeunes nous a placés devant une difficulté : il n'existe pas, à l'heure actuelle, d'étude épidémiologique permettant d'estimer le risque de cancer du poumon après une exposition au radon uniquement pendant l'enfance. Nous avons donc considéré qu'il était le même que pour l'adulte – c'est-à-dire, qu'il diminue fortement après l'arrêt de l'exposition au radon et est considéré comme nul au bout de trente ans. Mais nous n'en sommes pas sûrs, et avons donc également considéré le scénario pénalisant selon lequel, chez les plus jeunes, le risque reste constant après la fin de leur exposition. Ce sujet doit faire l'objet de recherches. Là aussi, l'IRSN s'efforcera de participer à l'amélioration des connaissances et de développer son expertise. ❖

Regards croisés

UN ATELIER EUROPÉEN POUR PARTAGER NOS EXPÉRIENCES

Vingt pays européens, représentés par leurs Autorités en charge de la radioprotection, de la santé, du travail et du logement, se sont réunis à l'ASN en octobre dernier pour un atelier sur la gestion du risque radon. Co-organisé par l'ASN et l'Autorité norvégienne de radioprotection – *Norwegian Radiation Protection Authority* (NRPA) –, il leur a permis de présenter leurs plans d'actions nationaux respectifs et de confronter leurs expériences en la matière. L'occasion de trouver ensemble des solutions et de définir une feuille de route commune, alors que la nouvelle directive Euratom donne quatre ans aux États membres de l'Union européenne pour renforcer ou mettre à jour leur stratégie radon. *Contrôle* donne la parole à quatre participants à l'événement.



« L'atelier de l'ASN et de la NRPA est un très bon exemple d'outil efficace pour atteindre un niveau élevé de radioprotection en toute l'Europe. »

Sigurdur Magnusson,
président de la réunion
des responsables des Autorités
européennes de contrôle
de la radioprotection (Heads
of European Radiation Control
Authorities)

Que pensez-vous de l'initiative de l'ASN et de la NRPA concernant cet atelier européen sur le radon ?

Comme vous le savez, l'objectif d'HERCA est de contribuer à obtenir un niveau de radioprotection élevé dans toute l'Europe. Cela passe par divers moyens, tels que l'échange d'idées, le partage des expériences et des enseignements tirés des meilleures pratiques de chacun et, si possible, l'élaboration d'une approche commune sur les questions de radioprotection.

L'atelier de l'ASN et de la NRPA est un très bon exemple d'outil efficace pour atteindre ces objectifs. HERCA a donc intégré cette excellente initiative

conjointe de l'ASN et de la NRPA et a inscrit la tenue d'ateliers dans ses nouvelles politiques afin de faciliter les échanges entre ses membres et de préparer des recommandations sur les questions identifiées.

D'une manière plus générale, comment HERCA pourrait-elle aider les Autorités nationales à transposer les nouvelles prescriptions de sécurité, non seulement sur le radon, mais aussi sur les nouveaux sujets couverts par la directive ?

Le rôle d'HERCA dans la transposition des normes fondamentales de sécurité est une question importante. Comme vous le savez, HERCA dispose de ressources limitées et dépend largement de la participation active des experts des Autorités compétentes qui en sont membres. Ce système fonctionne très bien, mais la capacité d'HERCA à prendre en charge des travaux supplémentaires sur ces normes est un élément dont il faut tenir compte pour élaborer une proposition réaliste de ce que pourrait faire HERCA afin d'aider à leur transposition. Lors de la dernière réunion du conseil, un groupe de travail a été chargé d'élaborer un plan d'action dans ce sens. Ses conclusions seront présentées fin octobre à la prochaine réunion du conseil.

Concernant les nouvelles questions ou sujets traités dans les normes fondamentales de sécurité, nous pouvons envisager d'organiser un atelier spécial dans le même esprit que celui sur le radon. HERCA pourrait en assurer l'organisation, ou plutôt y contribuer, comme pour l'atelier sur le radon, qui avait été accueilli

par une des Autorités membres. HERCA n'avait pas apporté de soutien financier car elle ne dispose pas de budget spécifique à ce jour. Elle pourrait, notamment, exposer le déroulement de l'organisation lors de ses prochaines réunions, encourager tous ses membres intéressés à prendre une part active à l'atelier, présenter les initiatives réglementaires d'autres régions du monde (comme cela avait été le cas avec la participation de la Conférence des directeurs de programmes de contrôle des rayonnements – CRCPD – des États-Unis), demander à son président de diriger une des sessions de l'atelier et présenter les conclusions et recommandations à sa prochaine réunion.

ANALYSE

La gestion du risque lié au radon

Vingt pays européens se sont réunis à l'ASN en octobre 2014



“Le radon est l'un des thèmes prioritaires de notre collaboration.”

Per Strand,
directeur général adjoint
de la Norwegian
Radiation Protection
Authority (Norvège)



Cet atelier a pu être organisé grâce au travail conjoint entre l'ASN et la NRPA. Pouvez-vous nous parler de cette collaboration ?

L'ASN et la NRPA ont, l'an dernier, signé un accord sur l'échange d'informations techniques et la coopération en matière de sûreté nucléaire et de radioprotection. Cela implique l'entraînement de personnels, l'organisation de groupes de travail conjoints, l'échange d'informations... Nous avons aussi engagé une coopération sur la préparation à la phase d'urgence et signé, en juillet dernier, une procédure de notification rapide et d'échange d'informations en cas d'accident nucléaire et radiologique.

Le radon est l'un des thèmes prioritaires de notre collaboration. C'est désormais un sujet qui compte en Europe, et il est important que nous ayons pu nous réunir ici pour échanger sur les critères de la Basic safety standard (BSS), notamment sur le développement de plans d'actions nationaux sur le radon. Même si la France est un grand pays et la Norvège, un petit... nous avons beaucoup d'intérêts communs. C'est une collaboration précieuse dont nous pouvons tous tirer des bénéfices.

Quel peut être l'impact de ce séminaire pour le plan d'actions radon norvégien ?

En Norvège, de nombreux endroits enregistrent des concentrations élevées de radon dans l'air intérieur. Nous avons donc lancé un plan national dans lequel nous avons retenu des zones d'actions prioritaires et défini des critères de priorité. Ce séminaire nous a montré, à tous, combien il est important de nous doter d'un tel plan, car le radon est souvent considéré comme un sujet « à part » en matière de radioprotection. Il nous a permis d'aborder les questions de la préparation d'un plan national et des conséquences de la réglementation, notamment en cas d'exposition passive, dans les écoles et les logements en location, par exemple. Il nous faut également – et c'est l'un des principaux enseignements du workshop – travailler de manière transversale, avec d'autres disciplines, d'autres Autorités, en particulier dans les domaines de la santé ou du logement... Si nous voulons résoudre le problème du radon, si nous voulons réduire le risque sanitaire qui lui est lié, nous devons agir ensemble.



© IAEA

“L’AIEA travaille en étroite collaboration avec l’OMS sur tous les aspects de son programme radon.”

Tony Colgan,
chef de l’unité radioprotection
à la direction de la sûreté
et de la sécurité nucléaires de l’AIEA

Quelle est la place du contrôle de l’exposition au radon dans les nouvelles BSS publiées par l’AIEA, en particulier à destination des responsables des Autorités nationales en charge de la radioprotection ?

L’exposition du public due au radon est traitée dans la prescription 50 des Normes fondamentales internationales de sûreté (Basic safety standard – BSS). Cette prescription

demande aux Autorités nationales de fournir des informations au public sur les risques sanitaires associés à l’exposition due au radon, y compris sur la synergie avec le tabagisme, et de mettre en œuvre un plan d’actions s’il y a lieu. Contrairement aux normes de base européennes, les BSS ne sont pas d’application obligatoire dans les États membres. L’exposition professionnelle due au radon sur les lieux de travail, par exemple les bureaux, est également abordée par les BSS, dans la prescription 52.

Quelles sont les autres actions soutenues par l’agence dans ce domaine ?

En dehors des BSS, l’agence a récemment achevé un guide de sûreté complémentaire intitulé Protection of the Public against Exposure Indoors due to Radon and Other Natural Sources of Radiation (SSG-32). L’AIEA a également élaboré un rapport concernant la méthodologie des études nationales sur le radon, rapport intitulé National and Regional Surveys of Radon Concentration in Dwellings: Review of Methodology and Measurement Techniques (IAEA/AQ/33).

Un soutien à l’établissement et à la mise en œuvre de stratégies nationales pour le radon est fourni principalement dans le cadre du programme de coopération technique de l’agence. Nous réalisons actuellement un projet régional en Europe. Parmi les trente et un pays participants, quatorze sont déjà membres de l’Union européenne et quatre sont des pays candidats. Nous finançons également des études nationales sur le radon en Albanie et au Monténégro. Par ailleurs, des ateliers de sensibilisation à la nécessité de traiter les questions de radioprotection et de santé publique associées à l’exposition due au radon ont déjà eu lieu en Asie et en Amérique latine et d’autres ateliers du même type sont prévus. L’agence travaille en étroite collaboration avec l’Organisation mondiale de la santé sur tous les aspects de son programme radon en assurant des formations régionales et en aidant individuellement les États membres. Tout État membre ou expert national peut s’adresser directement à l’agence : nous sommes toujours disposés à examiner n’importe quel aspect du radon avec eux.

Quelles sont les principales obligations en matière d’exposition au radon de la nouvelle Basic safety standard (BSS) ?

Jusqu’à présent, en Europe, il n’existait qu’une recommandation incitant les États membres à répondre à la problématique du radon et à définir des niveaux de référence à l’échelle nationale. Chaque État était libre ou non de la suivre. Il est donc essentiel pour nous que la nouvelle directive intègre des exigences en matière de radon. Avec la nouvelle BSS, les États membres ont des obligations : ils sont réglementairement tenus de transposer ces prescriptions dans leur législation et de s’y tenir dans un délai de quatre ans.

La principale exigence de la BSS est, selon moi, l’obligation pour chaque État de mettre en place un plan national d’actions. Désormais, les États sont également tenus de définir des niveaux de référence nationaux, l’un pour les habitations, l’autre pour les lieux de travail. Pour tous deux, nous proposons un seuil maximal de 300 Bq/m³ – mais il est du ressort des pays de décider ou non d’aller en deçà du seuil. Nous

demandons à ce que des mesures soient réalisées dans ces espaces et que des actions soient mises en place pour protéger les personnes exposées. Enfin, nous demandons aux États membres d’identifier les zones où ils pensent trouver des niveaux élevés de radon, de les cartographier et de communiquer ces données au public.

Comment l’ASN s’est-elle impliquée dans la rédaction de la BSS ?

L’ASN nous a activement aidés dans la préparation de la BSS, à différents niveaux. Tout d’abord, le groupe de travail qui a aidé la Commission européenne à rédiger la première proposition de la BSS était composé d’un expert de l’ASN. Lors de la négociation sur le sujet au Conseil de l’Europe, plusieurs experts de l’ASN sont également intervenus sur différents sujets, dont le radon. Enfin, cet atelier représente une très bonne contribution au sujet, puisqu’il nous permet de nous informer sur les stratégies et plans d’actions des États membres. Nous espérons que d’autres pays souhaiteront suivre cet exemple et s’attaquer à leur tour au sujet.

© IAEA



“La principale exigence de la BSS est, selon moi, l’obligation pour chaque État de mettre en place un plan national d’actions.”

Stefan Mundigl,
chef de secteur BSS,
DG ENER,
Unité D3 Radioprotection
(Commission européenne)

DEMANDE DE DOCUMENTATION

Nom Prénom
 Adresse
 Code postal Ville Pays

À renvoyer à : **ASN : Centre d'information du public**
15, rue Louis Lejeune - CS 70013 - 92541 Montrouge Cedex – Fax : 33 (0)1 46 16 41 55

La revue CONTRÔLE		Nbre d'ex. (1)			Nbre d'ex. (1)
105	La sûreté des réacteurs du futur, le projet EPR (06.1995)		159	L'harmonisation de la sûreté nucléaire en Europe (07.2004)	
106	L'organisation du contrôle de la sûreté et de la radioprotection (08.1995)		160	La recherche en sûreté nucléaire et en radioprotection (09.2004)	
107	Les réacteurs en construction – le palier N4 (10.1995)		161	Contamination radioactive: quelles actions pour les sites pollués? (11.2004)	
108	La crise nucléaire (12.1995)	épuisé	162	La sûreté du cycle du combustible (01.2005)	
109	L'activité en 1995 de la DSIN (02.1996)	épuisé	163	Rapport de l'ASN sur la sûreté nucléaire et la radioprotection en France en 2004: extraits (03.2005) 🌐	
110	Le retour d'expérience des accidents nucléaires (04.1996)		164	Le réacteur EPR (05.2005)	
111	Les rejets des installations nucléaires (06.1996)	épuisé	165	La gestion des déchets radioactifs en France (07.2005)	
112	Les exercices de crise (08.1996)	épuisé	166	Contrôler la sûreté nucléaire et la radioprotection (09.2005)	
113	Déchets radioactifs: les laboratoires souterrains de recherche (10.1996)		167	La radioprotection internationale: les acteurs internationaux (12.2005)	
114	La communication sur les incidents nucléaires (12.1996)		168	Le risque (02.2006)	
115	L'activité de la DSIN en 1996 (02.1997)		169	Rapport de l'ASN sur la sûreté nucléaire et la radioprotection en France en 2005: extraits (03.2006) 🌐	
116	La sûreté du cycle du combustible 1re partie (04.1997)	épuisé	170	La radioprotection internationale: les Autorités nationales de radioprotection (05.2006) 🌐	
117	La sûreté du cycle du combustible 2e partie (06.1997)	épuisé	171	Protéger la population en situation d'urgence (07.2006)	
118	La gestion des déchets très faiblement radioactifs (08.1997)		172	La radioprotection des patients: pour une meilleure prise en compte de la radioprotection des patients dans les pratiques médicales (09.2006)	
119	Le démantèlement des installations nucléaires (10.1997)		173	L'utilisation de sources radioactives dans l'industrie et la recherche (12.2006)	
120	Le transport des matières radioactives (12.1997)		174	La sûreté des transports des matières radioactives (02.2007)	
121	L'activité de la DSIN en 1997 (02.1998)		175	Rapport de l'ASN sur la sûreté nucléaire et la radioprotection en France en 2006: extraits (04.2007) 🌐	épuisé
122	Le contrôle de la construction des chaudières nucléaires (04.1998)		176	Les réacteurs expérimentaux et leur contrôle (07.2007)	
123	Radioprotection et INB (06.1998)		177	Les rejets radioactifs en France (11.2007)	
124	Les relations internationales bilatérales (08.1998) 🌐		178	Les relations entre l'ASN et les différents acteurs, un an après la loi TSN (01.2008) version sur www.asn.fr	
125	25 ans de contrôle de la sûreté nucléaire (11.1998) 🌐	épuisé	179	Rapport de l'ASN sur l'état de la sûreté nucléaire et de la radioprotection en France en 2007: extraits (04.2008) 🌐	épuisé
126	La gestion des matières radioactives et son contrôle (12.1998)		180	La gestion post-accidentelle d'un accident nucléaire (07.2008)	
127	La sûreté nucléaire en 1998 (03.1999)		181	Le démantèlement des installations nucléaires de base (11.2008)	
128	Les réacteurs expérimentaux et de recherche (04.1999)		182	Contrôle du nucléaire: l'inspection par l'ASN (02.2009)	
129	Le vieillissement des installations nucléaires (06.1999)		183	Rapport de l'ASN sur l'état de la sûreté nucléaire et de la radioprotection en France en 2008: extraits (04.2009) 🌐	
130	Sites contaminés et déchets anciens (08.1999)	épuisé	184	La poursuite d'exploitation des centrales nucléaires (07.2009)	
131	Les systèmes informatiques dans l'industrie nucléaire (10.1999)		185	La sécurité des traitements en radiothérapie externe (12.2009) 🌐	
132	Le retour d'expérience des exercices de crise nucléaire (01.2000)		186	Le contrôle des équipements sous pression des réacteurs nucléaires (02.2010)	
133	La sûreté nucléaire en 1999 (03.2000)		187	Extraits du Rapport de l'ASN sur l'état de la sûreté nucléaire et de la radioprotection en France en 2009 (04.2010) 🌐	
134	La gestion des déchets radioactifs: l'état de recherches début 2000 (04.2000)		188	La surveillance de la radioactivité de l'environnement (06.2010)	
135	Les relations internationales multilatérales (06.2000) 🌐		189	La construction d'un pôle européen de la sûreté nucléaire et de la radioprotection (11.2010) 🌐	
136	Le risque d'incendie dans les installations nucléaires (09.2000)		190	La gestion des déchets radioactifs: avancées et perspectives (02.2011) 🌐	
137	Les rejets des installations nucléaires (11.2000)		191	Extraits du Rapport de l'ASN sur l'état de la sûreté nucléaire et de la radioprotection en France en 2010 (04.2011) 🌐	
138	Le plutonium (01.2001)		192	Imagerie médicale: maîtriser les expositions aux rayonnements ionisants (07.2011) 🌐	épuisé
139	Rapport sur la sûreté nucléaire en France en 2000 (03.2001)		193	La sûreté des transports de substances radioactives (03.2012) 🌐	
140	L'homme, les organisations et la sûreté (05.2001)		194	Extraits du Rapport de l'ASN sur l'état de la sûreté nucléaire et de la radioprotection en France en 2011 (06.2012) 🌐	
141	Sûreté nucléaire et transparence (07.2001)		195	La gestion des sites et sols pollués par de la radioactivité (11.2012) 🌐	
142	La protection contre les risques externes (09.2001)	épuisé	196	Extraits du Rapport de l'ASN sur l'état de la sûreté nucléaire et de la radioprotection en France en 2012 (04.2013) 🌐	
143	Le contrôle de l'utilisation des rayonnements ionisants (11.2001)		197	La nouvelle réglementation pour les INB, la protection des INB contre les inondations externes et la dose au patient (03.2014)	
144	L'inspection des installations nucléaires (01.2002)				
145	Rapport sur la sûreté nucléaire en France en 2001 (03.2002)				
146	Transport des matières radioactives (05.2002)				
147	Les réexamens de la sûreté des installations nucléaires (07.2002)				
148	La radioprotection des patients (10.2002)	épuisé			
149	La surveillance radiologique de l'environnement (11.2002)	épuisé			
150	Sûreté et compétitivité (01.2003)				
151	La sûreté nucléaire et la radioprotection en France en 2002 (03.2003) 🌐				
152	Le démantèlement des installations nucléaires: le nouveau panorama (05.2003)	épuisé			
153	Le radon: évaluation et gestion du risque (06.2003)	épuisé			
154	Les enjeux de la maintenance (09.2003)				
155	Les études probabilistes de sûreté (11.2003)				
156	Épidémiologie et rayonnements ionisants (01.2004)				
157	Rapport de l'ASN sur la sûreté nucléaire et la radioprotection en France en 2003: extraits (03.2004) 🌐				
158	La radioprotection des travailleurs (05.2004)				

Les numéros épuisés sont consultables au Centre d'information du public de l'ASN.

🌐 numéro disponible en version anglaise.

Contrôle

LA REVUE TECHNIQUE DE LA SÛRETÉ NUCLÉAIRE ET DE LA RADIOPROTECTION

15, rue Louis Lejeune, 92120 Montrouge
Diffusion : Tél. : 33 (0)1 46 16 41 54 – E-mail : info@asn.fr

Directeur de la publication : **Pierre-Franck CHEVET**, président de l'Autorité de sûreté nucléaire

Directeur de publication délégué : **Alain DELMESTRE**

Rédactrice en chef : **Marie-Christine BARDET**

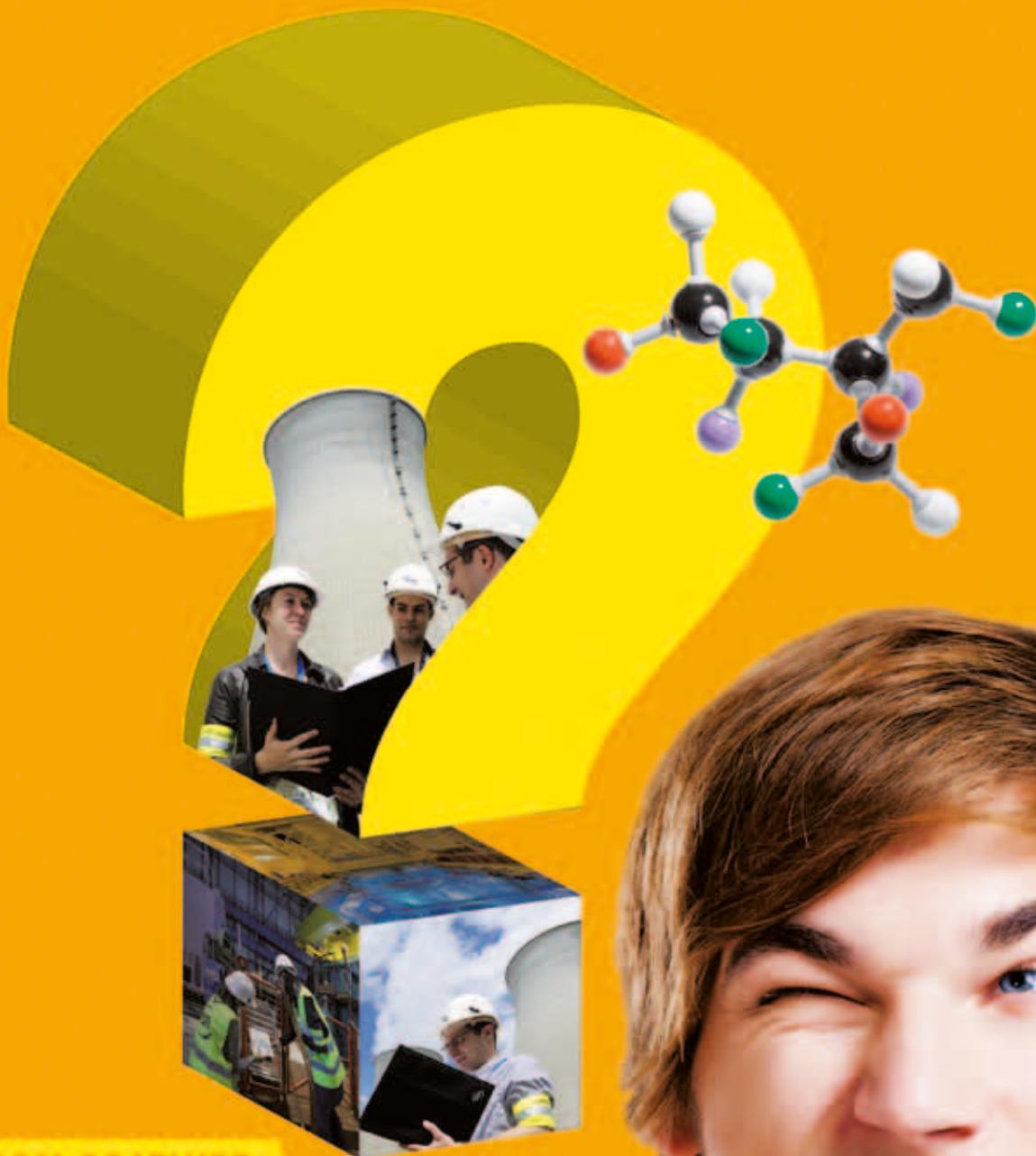
Secrétaire de rédaction : **Fabienne COVARD**

Ont collaboré à ce numéro : **Cécile COUTURIER, Élodie SEGHERS**

Réalisation de la couverture : Rouge Vif/photos : inspection de l'ASN le 15 septembre 2011 sur le réacteur 2 de Fessenheim lors du remplacement des générateurs de vapeur © ASN/Studio Chlorophylle/S. Nied ; exercice de sécurité incendie à la centrale nucléaire de Civaux © EDF/Philippe GROLLIER ; site de Bellezane, site d'entreposage des résidus issus du traitement du minerai d'uranium et sédiments présentant une faible activité provenant du curage des étangs avoisinants © AREVA/Paolo VERZONE – ISSN : 1254-8146 – Commission paritaire : 1294 AD – Réalisation : Rouge Vif - 23592 – Imprimerie : Fabregue, 87500 Saint-Yrieix-la-Perche.

UNE EXPOSITION PÉDAGOGIQUE DE L'ASN ET DE L'IRSN

LA SÛRETÉ NUCLÉAIRE ? QUESTION CENTRALE !



EXPOSITION GRATUITE

Entrée libre en semaine de 10 à 12h et de 14 à 17h
Visites accompagnées d'exposés thématiques, sur rendez-vous

AU CENTRE D'INFORMATION DE L'ASN

15, rue Louis Lejeune - 92120 Montrouge
01 46 16 40 16 - info@asn.fr - www.asn.fr

