

Rapport de l'Inspecteur Général pour la Sûreté Nucléaire et la Radioprotection

2013



AVANT-PROPOS

Ce rapport destiné au président d'EDF a pour objectif de lui présenter mon appréciation sur l'état de la sûreté et de la radioprotection dans le Groupe et sur sa dynamique de progrès. Exploitant responsable, EDF poursuit son engagement à améliorer de façon continue la performance de sûreté en exploitation et renforce son organisation et ses installations, en intégrant notamment le retour d'expérience de l'accident de Fukushima.

Il s'adresse aussi à tous ceux qui, de près ou de loin, apportent leur contribution à la sûreté nucléaire et à la radioprotection, par leurs gestes quotidiens sur le terrain ou par leurs décisions. Il aura atteint son objectif s'il leur fournit matière à réflexion sur leurs performances dans ces domaines et sur les moyens de développer leur culture de sûreté, à un moment où le Groupe va être confronté à des échéances importantes : Grand carénage en France, préparation du démarrage des réacteurs EPR en France et en Chine, engagement à venir de la construction de deux EPR au Royaume-Uni.

Ce rapport constitue un regard indépendant des lignes opérationnelles et s'appuie sur les informations et les observations recueillies auprès des équipes de terrain ainsi que lors d'entretiens avec des décideurs, des managers, des membres du corps médical, des acteurs du dialogue social et des parties prenantes extérieures, entreprises prestataires notamment. Cette vision de terrain en fait sa première richesse.

Il s'appuie également sur le regard porté par les filières indépendantes de sûreté et toutes les entités internes qui veillent à la primauté de la sûreté en exerçant un contrôle auprès du management. Elles agissent à chacun des trois niveaux de l'entreprise, unités, divisions ou filiales et enfin Groupe avec l'inspection générale. Il prend aussi en compte les enseignements tirés des revues de pairs, conduites par WANO¹ sur tous les sites.

Ce rapport, comme les précédents, met l'accent sur les difficultés et les fragilités, plutôt que sur les forces et les progrès, et pourra donc paraître injuste à tous ceux qui ne mesurent pas leurs efforts pour assurer, au quotidien, l'exploitation de cet outil de production nucléaire complexe et exigeant. En matière de sûreté, l'essentiel est bien la recherche de l'amélioration continue en traitant les difficultés et les signaux précurseurs. Il prend également en compte l'évolution des standards de l'AIEA.

Je tiens à remercier tous ceux que j'ai rencontrés, à l'intérieur ou à l'extérieur du Groupe, en France ou à l'international, notamment cette année au Japon, pour la qualité de leur accueil, la franchise de leurs propos et la richesse de nos échanges. Leur ouverture, qui conditionne la pertinence de ce rapport, continue de s'inscrire dans l'esprit de la culture de sûreté. Ils ne retrouveront pas nécessairement leur contribution, des choix ayant été entrepris pour limiter les sujets.

Merci aussi à mes chargés de mission Jean-Paul Combémoré et Bernard Maillard, qui, cette année encore, n'ont pas ménagé leur aide, ainsi qu'à François Hedin et Mike Lavelle, qui nous ont rejoints cette année et ont activement contribué à la rédaction de ce rapport. Je n'oublie pas Bruno Coraça et Peter Wakefield qui viennent de quitter l'équipe.

Enfin, bien que ce document n'ait pas vocation d'outil de communication externe, il est comme les années précédentes mis à la disposition du public, en français et en anglais, sur le site Internet d'EDF (www.edf.fr). Je sais qu'il pourra apporter une contribution aux lecteurs intéressés par le domaine de la sûreté nucléaire.

**L'Inspecteur Général pour la Sûreté Nucléaire et la
Radioprotection du groupe EDF**



Jean Tandonnet
Paris, le 20 janvier 2014

¹ World Association of Nuclear Operators.

SOMMAIRE

| | |
|--|-----------|
| 01/ Mon regard sur l'année 2013 | 5 |
| 02/ La sûreté en exploitation : bonne tenue des résultats | 13 |
| 03/ Le management de la priorité sûreté | 19 |
| 04/ Sécurité du travail : la mobilisation des managers s'impose en France | 29 |
| 05/ Radioprotection : une nouvelle dynamique à engager | 35 |
| 06/ Maintenance : reconquérir les fondamentaux pour le Grand carénage | 41 |
| 07/ Animer les métiers pour améliorer la sûreté | 49 |
| 08/ Un nouveau souffle pour les EPR | 53 |
| 09/ Le combustible, une contribution majeure à la sûreté | 59 |
| 10/ La recherche - développement : un levier pour anticiper | 65 |
| 11/ Japon : la sûreté en reconstruction | 71 |
| 12/ Des événements d'exploitation marquants | 75 |
| 13/ Annexes | 81 |
| Les indicateurs de résultat des parcs nucléaires : | |
| 13.1 EDF SA | 82 |
| 13.2 EDF Energy | 83 |
| 13.3 CENG | 84 |
| Les cartes des centrales nucléaires : | |
| 13.4 EDF SA | 85 |
| 13.5 EDF Energy | 86 |
| 13.6 CENG | 87 |
| Les étapes industrielles des unités de production : | |
| 13.7 EDF SA | 88 |
| 13.8 EDF Energy | 89 |
| 13.9 CENG | 89 |
| 13.10 Table des abréviations | 90 |

1/ MON REGARD SUR L'ANNÉE 2013



Centrale nucléaire de Fessenheim

UN PAYSAGE ÉNERGÉTIQUE EN ÉVOLUTION

L'année 2013, deux ans après Fukushima, voit se concrétiser les premières améliorations de sûreté décidées après les évaluations complémentaires de sûreté (ECS) de l'été 2011. Comme je l'avais remarqué dans mon rapport 2012, hormis un socle commun constitué de moyens matériels mobiles et organisationnels, les réponses varient substantiellement, selon les exigences des autorités de sûreté et des gouvernements. J'encourage à nouveau la poursuite du travail d'harmonisation conduit en Europe, au sein de WENRA², et au niveau mondial par MDEP³, même si les réponses restent, pour des années encore, avant tout nationales. Cette différence d'exigences était aussi perceptible en avril 2013 à Moscou, au congrès WANO. Je me félicite de la position du groupe EDF qui affiche depuis plus d'un an l'objectif de sûreté qu'« **aucun accident grave ne doit avoir de conséquence sur la contamination de territoires importants sur le long terme** »⁴.

² West European Nuclear Regulators Association.

³ Multinational Design Evaluation Program.

⁴ Lettre du président d'EDF au président de la réunion extraordinaire de la convention de l'AIEA d'août 2012.

La préparation de la convention 2014 de l'AIEA⁵ est partie sur cette base.

Les enseignements de l'accident du Japon mettront sans doute des années avant d'être totalement exploités. Il a fallu une dizaine d'années après Three Mile Island et Tchernobyl, pour faire un retour d'expérience approfondi. En 2013, on dénombre davantage de réacteurs en construction qu'à tout autre moment depuis 1988. Fin 2013⁶, 436 réacteurs sont en exploitation et 72 réacteurs en construction dans 15 pays dont trois nouveaux entrants. La construction de 173 réacteurs supplémentaires est envisagée, dont 21 dans des pays nouveaux entrants. Concernant plus directement le Groupe, la perspective de construction des deux premiers EPR au Royaume-Uni est une étape importante. Aux États-Unis, l'essor considérable du gaz non conventionnel transforme le paysage énergétique. En 2013, il a été décidé d'arrêter cinq réacteurs pour des raisons économiques, notamment de la concurrence du gaz dans un marché dérégulé. Pour autant, cinq réacteurs y sont actuellement en construction. Au Japon, de profondes évolutions sont engagées dans le contrôle de sûreté, que je détaille dans le chapitre 11.

⁵ Agence Internationale de l'Energie Atomique.

⁶ Référence base de données AIEA et WNA.

Plusieurs exploitants y instruisent des demandes de redémarrage.

Enfin, dans des systèmes énergétiques de plus en plus interconnectés et dans des marchés en pleine évolution, je m'interroge sur les conséquences de la part croissante des énergies renouvelables intermittentes. Elles conduisent déjà à modifier les conditions d'exploitation des réacteurs en France et en Europe.

DES AVANCÉES DANS LE GROUPE

En France, l'année 2013 a été marquée par le débat national sur la transition énergétique, sans fournir encore à ce jour la visibilité à long terme indispensable à l'exploitant nucléaire EDF SA. L'annonce de la fermeture anticipée de la centrale de Fessenheim suscite toujours autant d'incompréhension. Je salue l'engagement du personnel, très sollicité par les travaux de grande ampleur réalisés ces dernières années, pour y maintenir un bon niveau de sûreté. Cela reste pour moi un point de vigilance particulier. Les sujets post-Fukushima et durée de fonctionnement sont intimement liés. En juin 2013, en réponse aux intentions formulées par EDF SA dès 2009, en matière de durée de fonctionnement au-delà de 40 ans, l'autorité de sûreté nucléaire, ASN, a exprimé sa position en rappelant que les réacteurs actuels doivent être améliorés « au regard des nouvelles exigences de sûreté et de l'état de l'art en matière de technologies nucléaires ». Elle a également complété les prescriptions techniques post-Fukushima en demandant la mise en place, pour chacun des réacteurs, d'un noyau dur de dispositions matérielles et organisationnelles et en précisant les exigences correspondantes afin de maîtriser encore mieux les fonctions vitales de sûreté dans les situations extrêmes.

La réalisation de la première série de mesures techniques et organisationnelles post-Fukushima, conformément aux engagements d'EDF SA à la suite des ECS, est achevée. L'année 2013 a vu, en particulier, la **montée en puissance de la force d'action rapide nucléaire (FARN)**, dispositif national intégré à l'organisation de crise d'EDF SA, avec notamment une première base régionale sur le site de Civaux. Les modifications réalisées dans des délais très limités et la FARN, désormais opérationnelle, sont des avancées importantes pour faire face à des phénomènes naturels exceptionnels.

Sur le chantier de l'EPR de Flamanville, le dôme du bâtiment réacteur a été posé en juillet 2013 et les travaux de montage se poursuivent dans une dynamique positive. Une grande attention est portée à l'instruction du dossier de mise en service (DMES) dans la perspective du démarrage en 2016. Par ailleurs, EDF SA est engagé dans l'évaluation de son organisation pour la sûreté par rapport aux référentiels de

l'AIEA, avec une corporate OSART⁷ prévue pour décembre 2014.

Au Royaume-Uni, c'est incontestablement l'accord de principe entre EDF Energy et le gouvernement britannique sur le projet de construction de deux EPR à Hinkley Point C qui est l'élément marquant. Cette étape importante pour le nucléaire en Europe permettra de consolider les compétences industrielles. La prolongation de la durée de fonctionnement des réacteurs AGR⁸ reste pour moi un enjeu de sûreté particulier et fait l'objet d'un programme de recherche spécifique.

En Chine, dans un contexte de fort développement du nucléaire, la construction des deux EPR de Taishan par TNPCJVC⁹ se poursuit. La qualité de fabrication des composants de l'îlot nucléaire, la bonne conduite du chantier et la préparation des opérations de démarrage sont également, à mes yeux, des sujets d'attention pour le Groupe.

Aux États-Unis, le groupe EDF a annoncé le 30 juillet 2013 un accord avec son partenaire américain EXELON¹⁰, coactionnaire de l'entreprise commune Constellation Energy Nuclear Group (CENG) qui exploite cinq réacteurs répartis dans trois centrales. EDF en délèguera la gestion à EXELON qui dispose de la licence d'exploitation.

DES PERFORMANCES DE SÛRETÉ ENCOURAGEANTES

Je relève en premier lieu l'**absence d'événement majeur de sûreté en 2013** dans les centrales nucléaires du Groupe. Au vu de l'analyse des indicateurs, des événements d'exploitation et de mes observations sur le terrain, en France, au Royaume-Uni et aux États-Unis, plusieurs points ont retenu mon attention. Ils sont à corriger pour les uns, à surveiller pour les autres.

En France, dans un contexte très défavorable marqué par de nombreuses et longues prolongations d'arrêts de tranche, je tiens à souligner des **indicateurs globalement encourageants**. Pour la première fois depuis quatre ans, il n'y a pas eu de déclaration d'événement significatif pour la sûreté de niveau 2 ou au-dessus sur l'échelle internationale INES¹¹. Je relève également la baisse du nombre d'événements classés au niveau 1, après une année 2012 où ils étaient particulièrement nombreux. J'attire cependant l'attention sur les trop nombreux événements liés aux **activités de maintenance** ainsi **qu'au non-**

⁷ Operational Safety Review Team.

⁸ Advanced Gas-cooled Reactor.

⁹ Joint-venture entre les compagnies chinoises China Guangdong Nuclear Power Group-CGN (51 %), Guangdong Guohua Yuedian Taishan Power Company (19 %) et EDF (30 %).

¹⁰ Compagnie d'électricité américaine, exploitant 17 réacteurs.

¹¹ International Nuclear Events Scale.

respect des spécifications techniques d'exploitation.

Je souligne avec satisfaction que, dans le contexte de la campagne d'arrêts de tranche évoqué précédemment, les CNPE¹² ont su garder la vigilance nécessaire pour respecter les exigences de sûreté. Si ces prolongations n'ont pas conduit à une augmentation des événements, je considère qu'une telle situation est préjudiciable à la sûreté et qu'elle sollicite excessivement l'engagement et la vigilance des acteurs, avec à terme un risque d'essoufflement.

Au Royaume-Uni, je relève des **indicateurs satisfaisants** malgré des résultats toujours insuffisants dans les domaines des arrêts automatiques et manuels, de la prévention incendie et des indisponibilités fortuites des tranches.

Je reste surpris par le niveau particulièrement faible de déclaration des événements de type *nuclear reportable event* (niveau le plus haut) auprès de l'autorité de sûreté britannique ONR (aucun événement de ce type déclaré en 2013). Si les pratiques de déclaration diffèrent entre nos deux pays, compte tenu des exigences des autorités de sûreté respectives, et alors que les remontées d'événements vers WANO par EDF Energy sont exemplaires, je m'interroge sur la pertinence de tels critères de déclaration à l'ONR et sur l'opportunité de les faire évoluer, au titre du retour d'expérience.

Aux États-Unis à CENG, **le nombre d'événements est stable**, avec des disparités importantes entre les sites, l'un d'entre eux faisant l'objet d'une surveillance rapprochée de la NRC¹³ dans le domaine des arrêts automatiques et manuels. La disponibilité des diesels de secours demeure en retrait des meilleurs niveaux internationaux, atteints notamment en France et au Royaume-Uni. Je m'interroge sur les modes d'exploitation qui conduisent à ces résultats.

Sur le plan de la sécurité, je déplore en France les accidents du travail qui ont conduit cette année à trois décès : deux à la centrale de Cattenom, le troisième à la centrale de Chinon. Plus largement, **les résultats de sécurité restent très en retrait** par rapport aux meilleurs exploitants nucléaires internationaux et à EDF Energy.

Quant à la radioprotection, les efforts engagés en France portent leurs fruits et **la dosimétrie individuelle diminue**. En revanche, je note des difficultés pour maîtriser la dose collective en arrêt de tranche et le nombre élevé d'événements significatifs de radioprotection, ce qui doit être un point d'attention dans la perspective du Grand carénage. Au Royaume-Uni, **la dose collective**, déjà faible compte tenu des spécificités des réacteurs AGR, **est meilleure que l'objectif visé**. La réduction est liée en partie à la diminution des entrées dans les caissons réacteurs à Hinkley Point B et à Hunterston B.

LE CONTRÔLE DE SÛRETÉ INTERNE INDÉPENDANT

Je considère qu'en France la **filière indépendante de sûreté demeure professionnelle et écoutée**. J'attire l'attention sur la forte sollicitation des chefs de mission sûreté-qualité, qui doit rester compatible avec leur besoin de recul, et sur l'importance des ingénieurs chargés des relations avec l'autorité de sûreté.

Au Royaume-Uni, j'attire l'attention sur **la fragilité des ressources des équipes de contrôle sûreté sur les sites**.

En Chine chez CGN¹⁴, en particulier sur le site de Taishan, une filière indépendante de sûreté, à l'image de ce qui se fait en France, se met progressivement en place avec l'appui du groupe EDF.

SIX POINTS QUI MÉRITENT ATTENTION

Comme les années précédentes, mes visites de terrain et mes discussions ouvertes avec les salariés et les prestataires me permettent d'identifier des préoccupations en matière de sûreté. De l'année 2013, je retiens six points clés dont certains sont approfondis dans les chapitres du rapport.

Garder le cap sur la sûreté

Les exploitants se préoccupent de leurs marges financières dans un contexte tarifaire et énergétique difficile. En France, malgré un projet industriel important engagé en 2009, pour reconquérir les performances de production et préparer l'allongement de la durée de fonctionnement des centrales, les résultats ne sont pas à la hauteur de l'objectif, en raison d'une **maîtrise toujours insuffisante de la durée des arrêts de tranche**. Le Groupe exprime une légitime et forte attente de résultats industriels. La perspective du Grand carénage accroît la mise sous tension des divisions opérationnelles. Dans ce contexte, **j'appelle les managers à la plus grande vigilance à tous les niveaux du Groupe** : si les objectifs doivent être clairs, peu nombreux et partagés collectivement, la priorité doit toujours être accordée à la sûreté.

Je reste attentif à l'amélioration continue de la sûreté nucléaire et à l'engagement de chacun, en premier lieu de chaque décideur. Je mesure, à chacune de mes visites, l'atout représenté par la transparence pour le groupe EDF. Autant de marques de notre culture de sûreté. Celle-ci s'exprime sur le terrain, dans l'exploitation quotidienne des 78 réacteurs du Groupe et dans ses centres d'ingénierie. Toutefois, je perçois aujourd'hui un risque de fragilisation de deux des piliers de la sûreté : **la sérénité dans les équipes et l'exploitation du retour d'expérience**.

¹² Centre Nucléaire de Production d'Electricité.

¹³ Nuclear Regulatory Commission.

¹⁴ China Guangdong Nuclear Power Group.

En France, je note avec satisfaction les choix de la DPN¹⁵ pour 2014, recentrés sur deux priorités : la sûreté et la maîtrise des arrêts de tranche. Pour sa part la DIN¹⁶ poursuit son engagement pour améliorer la sûreté du parc en exploitation en appui à la DPN et pour développer de nouveaux réacteurs encore plus sûrs. Je souligne également l'importance de **limiter les sollicitations auprès de ces divisions** qui doivent se concentrer sur ces priorités, enjeux majeurs pour le Groupe.

Au Royaume-Uni, je reste attentif au processus de décision relatif aux prolongations de l'exploitation des réacteurs AGR, qui doit prendre en compte le maintien des marges de sûreté associées.

Mieux conduire et accompagner davantage les changements

En France, je soulignais en 2012 la charge de travail qui n'avait cessé d'augmenter. Je craignais qu'à vouloir tout faire et rapidement, la qualité des études et des interventions ainsi que la sûreté au quotidien n'en souffrent. Je souligne le travail positif de la mission d'évaluation commanditée par le Groupe en 2013 pour définir les priorités dans les actions à conduire en vue du Grand carénage. Pour autant, je relève toujours sur le terrain une réalité qui n'a pas fondamentalement changé. **Les managers de proximité rencontrés ont besoin d'être soutenus pour retrouver leur pleine confiance** dans la capacité du Groupe à conduire toutes ces évolutions. Cette réalité se retrouve autant dans les centres de production que dans les centres d'ingénierie et les entreprises prestataires.

Le rythme des changements reste soutenu. En 2013, la poursuite du renouvellement des compétences, la mise en œuvre de l'arrêt INB, le nouveau mode de traitement des écarts et les nouvelles méthodes de maintenance illustrent cette réalité. Les pratiques de travail vont également être modifiées par de nouveaux outils et des modifications des installations, modifiant les processus et les pratiques des métiers : SDIN¹⁷, projet COLIMO¹⁸, nouveau contrôle-commande du palier 1 300 MWe, par exemple. Je souligne aussi les évolutions des organisations, liées notamment au renforcement significatif des équipes communes DIN-DPN dans les CNPE.

Je note un personnel inquiet devant les échéances prochaines et préoccupé par sa capacité à intégrer les nouvelles générations. Face à toutes ces évolutions qui concernent aussi les entreprises prestataires et les

fournisseurs, **j'invite les managers à accorder le plus grand soin à la conduite et à l'accompagnement du changement.**

J'ai noté la mise en place d'une gouvernance du programme industriel pour le parc en exploitation et je recommande que la conduite du changement y soit intégrée au plus tôt.

Les unités nationales doivent pouvoir soutenir ces changements sur les sites, au prix d'une évolution en profondeur de leurs méthodes de travail si nécessaire.

J'attire l'attention sur l'importance des dispositifs d'accompagnement du changement recommandés par l'AIEA via l'INSAG 18¹⁹ : notamment la formation et les dispositifs d'écoute des difficultés rencontrées. **Je souligne la nécessité de disposer d'équipes d'appui à la conduite du changement**, dans le prolongement des activités des consultants facteurs humains sur les sites de la DPN et des référents SOH²⁰ dans les centres d'ingénierie. Le nombre et la diversité des projets engagés nécessitent, dans chaque unité, la création d'un dispositif d'intégration de l'ensemble des changements à conduire. Porté par la direction locale, il doit prendre en compte les différents niveaux de management et la filière indépendante de sûreté. Je relève avec intérêt la nouvelle démarche de la DPN pour simplifier les exigences et limiter les sollicitations. Je suivrai cette initiative avec attention.

J'ai également mesuré dans les centres d'ingénierie de la DIN combien la récente évolution de la gouvernance de la division est appréciée. Le projet « DINamic 2020 » me semble une illustration prometteuse de conduite du changement, en termes de responsabilités et d'objectifs. Je souligne en particulier la profondeur des changements culturels liés à l'évolution des méthodes d'ingénierie et de la relation avec l'exploitant.

Au Royaume-Uni, je note un changement d'organisation effectif au 1^{er} janvier 2014 avec deux piliers clés pour EDF Energy : une direction production et une direction clients. La première concentre toute la production, nucléaire, gaz, charbon et énergies renouvelables. Je resterai très attentif à ce que la sûreté nucléaire ne soit pas diluée dans cette nouvelle organisation.

¹⁵ Division Production Nucléaire.

¹⁶ Division Ingénierie Nucléaire.

¹⁷ Système D'Information du Nucléaire.

¹⁸ Projet visant à moderniser les pratiques et les méthodes de Consignation, Lignage et Mobilité.

¹⁹ Recommandations du Comité International Nuclear Safety Advisory Group de l'AIEA sur la conduite du changement dans l'industrie nucléaire « Managing change in the nuclear industry : the effects on safety ».

²⁰ Socio-Organisationnel et Humain.

Des relations plus pragmatiques entre EDF et l'ASN pour progresser

Pour un exploitant nucléaire comme EDF, les relations avec les différentes autorités de sûreté sont essentielles et doivent être entretenues au plus haut niveau dans chacun des pays. J'ai rencontré en 2013 les autorités britannique, américaine et chinoise, mais je limite mon propos aux relations entre EDF SA et l'autorité de sûreté française ASN, suite au point d'attention exprimé dans mon rapport 2012. Cette année encore, je note un dialogue nourri à l'échelon local, porté par les directeurs de CNPE et par les chefs de division de l'ASN. Au plan national, les directions ont eu à cœur de mener des discussions à un haut niveau entre un exploitant responsable de la sûreté de ses installations et l'autorité de sûreté, que ce soit sur les mesures post-Fukushima ou sur l'EPR.

La charge des études de sûreté n'a pas fléchi, après une année 2012 déjà sollicitée par l'après-Fukushima et l'application du Code de l'environnement et de ses arrêtés. J'observe toujours des **difficultés notables** de l'exploitant **pour faire prendre en compte les réalités industrielles** s'imposant à lui, en particulier pour les évolutions réglementaires : arrêtés INB²¹ et ESPN²², domaine incendie, traitement des écarts de conformité... J'attire par exemple l'attention sur la mise en œuvre de l'arrêté INB, couvrant les différents champs de la loi TSN²³ avec en particulier de nouvelles exigences dans le domaine de l'environnement en situation de fonctionnement normal des installations. J'invite chacune des parties prenantes à rester vigilantes pour considérer toujours la sûreté comme la priorité absolue.

Les dossiers n'ont pas tous la même importance. **L'absence de hiérarchisation** en fonction des enjeux de sûreté représente un risque pour la sûreté. Par exemple, j'ai mesuré au Japon la lourdeur de la charge induite par les nombreuses demandes de l'ancienne autorité de sûreté, sans aucune priorisation, faisant perdre de vue les principaux enjeux de sûreté à toutes les parties prenantes. Cette question concerne aussi bien l'ASN et l'IRSN que l'exploitant. Toutefois, la définition des actions prioritaires procède de la relation directe entre l'exploitant et l'autorité de sûreté.

J'insiste à nouveau cette année sur la **nécessité de prioriser les actions** autour d'une méthode partagée entre EDF SA et l'ASN. **J'appelle de mes vœux une initiative commune au plus haut niveau.** Cette question n'est pas posée au seul niveau national. Ce risque de dispersion sur des problèmes secondaires pour la sûreté existe autant au

plan local, où la priorité doit toujours être accordée à la qualité d'exploitation, dans toutes ses dimensions.

L'arrêté du 7 février 2012

La pyramide réglementaire :

En 2006, une refonte du régime juridique encadrant les activités de la filière nucléaire a été engagée avec la loi TSN, codifiée en 2012 dans le Code de l'environnement. Cette loi a été précisée par plusieurs décrets d'application, dont le décret "procédures", le 2 novembre 2007. L'arrêté INB complète la loi et ce décret en détaillant les règles, prescriptions, niveaux d'exigences et modalités d'exécution. Entré en vigueur le 1^{er} juillet 2013, sauf cas particuliers, il abroge :

- l'arrêté qualité du 10 août 1984,
- l'arrêté environnement du 26 novembre 1999,
- l'arrêté RTGE (Règles techniques générales vis à vis des nuisances et risques externes résultant de l'exploitation des INB).

Le contenu de l'arrêté :

Pour les INB il vise à garantir la protection des intérêts (sécurité, santé et salubrité publiques ou protection de la nature et de l'environnement) au regard de leurs risques et inconvénients, selon une approche proportionnée à leur importance. Il fixe des exigences essentielles applicables dans les domaines du management de la sûreté, de l'information du public, de la maîtrise des risques d'accident, de la maîtrise de l'impact sur la santé et l'environnement, de la gestion des déchets, des situations d'urgence. Ces exigences essentielles sont complétées dans des décisions réglementaires de l'ASN, à caractère technique.

L'exploitant doit identifier les EIP (Éléments importants pour la protection) tels que équipement, structure, système, ou logiciel et les AIP (Activités importantes pour la protection) avec les exigences associées.

Au titre de l'arrêté la DPN a établi, diffusé et partagé avec le personnel interne et les intervenants prestataires une politique générale intégrée de protection des intérêts. Il en est de même pour la DIN et la DCN.

La décision ASN n°2013-DC-0360 du 16 juillet 2013 -Maîtrise des nuisances et de l'impact sur la santé et l'environnement des INB- traite par ailleurs des prélèvements d'eau, des rejets d'effluents dans l'air et dans l'eau, de la surveillance de l'environnement et de la prévention ou limitation des pollutions et des nuisances des INB pour le public et l'environnement.

²¹ Installations Nucléaires de Base.

²² Equipements Sous Pression Nucléaires.

²³ Loi sur la Transparence et la Sécurité en matière Nucléaire.

Je me félicite de la mise en place en juin 2013, à titre expérimental par la DPN conformément à l'article 27²⁴, du système d'autorisation interne pour traiter les demandes de modifications temporaires des spécifications techniques d'exploitation (STE) émises par les CNPE. Cette démarche illustre une bonne complémentarité des rôles et responsabilités entre l'autorité de sûreté et l'exploitant, dans un domaine à fort enjeu de sûreté.

En revanche, je regrette une **difficulté d'application de l'arrêté équipements sous pression nucléaires** (ESPN) de 2005, mais dont les guides d'application ont été édités en 2012 et 2013. Exprimée unanimement par les équipes d'EDF SA, des fabricants et des prestataires, cette difficulté est liée à une évolution des exigences dans un délai très court et parfois à effet rétroactif sur des fabrications déjà engagées. On me fait remonter trop souvent l'alourdissement de la réglementation, l'empilement de questions administratives, la complexification et l'élargissement sans précédent du corpus réglementaire. Il en résulte une déresponsabilisation et une démotivation des acteurs industriels par la multiplicité des contrôles. J'ai noté que les outils de production pour les pièces de rechange et les matériels ESPN neufs sont lourdement impactés.

Pour autant, je considère que les acteurs industriels doivent progresser dans l'appropriation des nouvelles exigences. Une telle situation me semble paradoxale au regard de 40 ans d'expérience industrielle pour les ESPN, reconnue au plan international. J'estime que la stabilisation des modalités d'application de cet arrêté sur des bases techniques raisonnables, industrielles et suffisamment partagées en amont, doit être une priorité. **Un climat de confiance** doit être restauré sur ces sujets, la finalité étant de disposer d'ESPN dûment conçus, fabriqués et exploités, conformément aux enjeux de sûreté et d'intégrité.

Enfin, le Code de l'environnement et l'arrêté INB de 2012 ont été complétés par la décision ASN du 16 juillet 2013, relative à la maîtrise des nuisances et de l'impact sur la santé et l'environnement des installations nucléaires de base. Je m'interroge sur la bonne complémentarité et la coopération des nombreuses entités intervenant dans ce domaine à d'EDF SA et j'approfondirai ce point en 2014.

En France, changer de braquet sur la sécurité du travail

En France, je déplore cette année encore que les résultats de sécurité du travail soient beaucoup trop éloignés des meilleures pratiques internationales. Plusieurs accidents mortels ont malheureusement renforcé ce constat. Si

l'amélioration régulière du Tf²⁵ ces dernières années est encourageante, l'intercomparaison dans le Groupe est très défavorable, avec un facteur 6 par rapport à EDF Energy et une très forte disparité entre les sites. La sûreté et la sécurité du travail partagent les mêmes racines : les attitudes et les pratiques de travail pour développer la prévention et la maîtrise des risques relèvent en effet d'une même culture et des mêmes leviers. J'invite les managers à s'inspirer du succès de la démarche de fond engagée, il y a plus de vingt ans, dans le domaine de la radioprotection.

Je me réjouis que des entreprises prestataires rencontrées, parmi les plus importantes, affichent la priorité à la sécurité. Mobilisées, elles attendent trop souvent un engagement plus marqué d'EDF SA, trop variable selon les sites. Je souligne que les prolongations des arrêts de tranche, comme pour la sûreté, ont un impact négatif sur la sécurité du travail.

Je me félicite de la priorité affichée en 2013 par le Président, avec **un objectif de diviser par 2 le Tf dans le Groupe d'ici à 2017**. La progression de certains sites, avec un portage affirmé de la sécurité par les directions d'unités, montre que c'est possible. J'insiste à nouveau pour qu'**une véritable ambition managériale soit affichée, en premier lieu pour les sites les plus en retrait**. Il faut promouvoir un changement culturel profond pour prévenir les écarts inacceptables sur le terrain et engager, dans les faits, une véritable démarche de progrès continu. A cet égard, j'appelle de mes vœux des initiatives par EDF SA pour développer concrètement la synergie avec EDF Energy. Nous avons su le faire dans d'autres domaines également à fort enjeu et je m'attacherai à mesurer les progrès réalisés.

La maintenance face aux défis de la qualité

En France, avec un parc à mi-vie, la maintenance est devenue un domaine stratégique pour garantir le niveau de sûreté et préserver le patrimoine de l'entreprise. La maîtrise des arrêts de tranche n'est pas à la hauteur en 2013, malgré l'engagement des équipes sur sites et des entreprises prestataires. EDF SA est toujours très loin des meilleurs standards internationaux avec plus de 26 jours de prolongation en moyenne par arrêt. Si une moindre disponibilité ne signifie pas automatiquement une baisse corrélative de la sûreté, elle révèle des signaux précurseurs préoccupants.

En effet, **cette insuffisante maîtrise des arrêts est liée principalement à l'augmentation du volume des activités, à des défauts de préparation et aux non-**

²⁴ Article 27 du décret n°2007-1557.

²⁵ Taux de Fréquence des accidents du travail avec arrêt pour 1 million d'heures travaillées.

qualités de maintenance, qui sont autant d'éléments potentiellement préjudiciables à la sûreté, à la sécurité et à la radioprotection. Ces prolongations créent des contraintes chez les intervenants. Elles déstabilisent les équipes et les organisations, et interpellent dans la perspective du Grand carénage en 2015. J'observe que les métiers de maintenance doivent également s'adapter à de nombreuses évolutions modifiant parfois en profondeur les pratiques de travail.

Je déplore le **nombre très élevé d'événements significatifs pour la sûreté associés aux non-qualités de maintenance**. En hausse de 80 % en trois ans et sans amélioration par rapport à 2012, ils représentent environ la moitié des non-qualités relevées en exploitation. Tous les métiers sont touchés et les progrès à réaliser concernent aussi bien EDF SA que les entreprises prestataires. Cette situation traduit de grandes difficultés dans la préparation des activités de maintenance, avec **une liste définitive trop tardive des opérations à réaliser, et des dossiers d'intervention d'une qualité trop souvent insuffisante**. Je suis également convaincu de la fragilité des analyses de risques, et de leur perte de sens corrélative pour les agents de terrain. J'encourage à poursuivre l'identification des activités à risques et sensibles, domaine cependant en progrès, ainsi que le travail engagé pour faciliter les conditions d'intervention. Je regrette que certains dossiers de modifications, plus nombreux depuis Fukushima, arrivent sur les sites avec une qualité également insuffisante, et de manière tardive, ce qui aggrave la désorganisation des sites évoquée précédemment.

Le volume des activités de maintenance courante et de remplacement des gros composants, en hausse significative ces dernières années (+ 60 % sur les six dernières années), doit pouvoir être limité pour permettre de « faire moins, mais mieux ». Une telle évolution devra bien entendu se faire en restant vigilant sur la place de la sûreté dans les arbitrages.

Je souligne, comme les années précédentes, qu'il est de première importance de fédérer et de mobiliser les principaux prestataires et fournisseurs en vue du Grand carénage. Je salue à cet égard les contacts engagés en 2013 entre la direction du Groupe et celles des principales entreprises prestataires.

Au Royaume-Uni, la maintenance de certaines centrales a encore des marges de progrès par rapport à la norme internationale. Des défaillances techniques sont également à l'origine d'un certain nombre d'arrêts automatiques ou manuels et **le taux d'indisponibilité fortuite n'est pas à la hauteur**. La mise en œuvre de la démarche AP 913²⁶

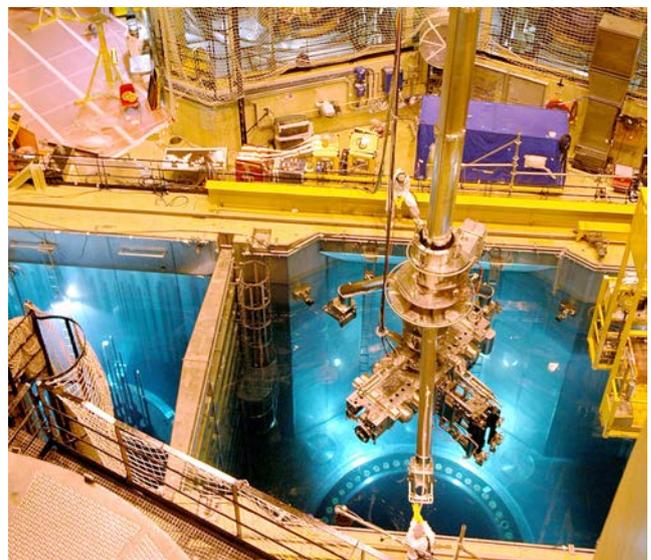
a pris beaucoup de retard. Pour autant, des solutions existent, les centrales les plus anciennes ayant d'excellents résultats d'indisponibilité fortuite. J'encourage EDF Energy à généraliser ces bonnes pratiques et à donner toute sa force au programme *equipment reliability* au bénéfice de la sûreté.

Durée de fonctionnement : des points sensibles à maîtriser

Aux États-Unis, l'extension à 60 ans de la durée de fonctionnement a été autorisée pour 71 des 100 réacteurs en exploitation. En Europe, fin 2013, plusieurs réacteurs (Beznau 1-2, Borssele, Muehleberg, Oskarshamn 1) fonctionnent au-delà de 40 ans. Le dossier durée de fonctionnement (DDF) est à l'étude en France, sur des réacteurs similaires. Au Royaume-Uni, de nouvelles autorisations d'extension ont été accordées en 2012 pour les réacteurs AGR.

En France, les conditions industrielles pour étendre la durée de fonctionnement significativement au-delà de 40 ans impliquent avant tout un parc performant et irréprochable envers la sûreté au quotidien. Depuis l'origine, EDF SA exploite son parc de 58 réacteurs sans incident notable et cumule ainsi près de 2 000 années-réacteurs d'expérience d'exploitation. La réussite du renouvellement des compétences, déjà bien engagé, et un programme de R&D de grande envergure (cf. chapitre 10) sont également des conditions nécessaires.

EDF SA a bâti et transmis une démarche complète de sûreté à l'ASN qui a donné réponse par la lettre de suite du 28 juin 2013. En s'exprimant pour la première fois sur cette question, l'ASN a formulé un certain nombre de points d'intérêt.



Machine d'inspection en service des cuves des réacteurs

²⁶ *Advanced Process 913 de l'INPO, qui décrit les standards et les processus d'amélioration continue de la fiabilité des matériels et des systèmes.*

Je relève, en premier lieu, **la conception des piscines d'entreposage** sur site du combustible usé. L'entreposage actuel reste effectivement en retrait au regard des principes de sûreté applicables à une nouvelle installation. EDF SA a déjà prévu de renforcer la sûreté des piscines, avec des moyens diversifiés. De plus, une réflexion est engagée sur des solutions alternatives à l'augmentation des capacités de stockage des piscines. Je m'interroge à ce stade sur la pertinence d'une augmentation de la capacité du stockage des piscines actuelles, à la lumière des enseignements de Fukushima.

En second lieu, je note que **l'aléa séisme** fait l'objet d'un dialogue technique nourri de longue date à chaque réévaluation décennale de sûreté entre les experts d'EDF SA, ceux de l'ASN et de l'IRSN. Pour l'aléa extrême, que l'ASN demande de considérer au titre du noyau dur post-Fukushima, il sera couvert par les prescriptions techniques correspondantes. Je salue à ce propos l'importante contribution des experts de l'entreprise.

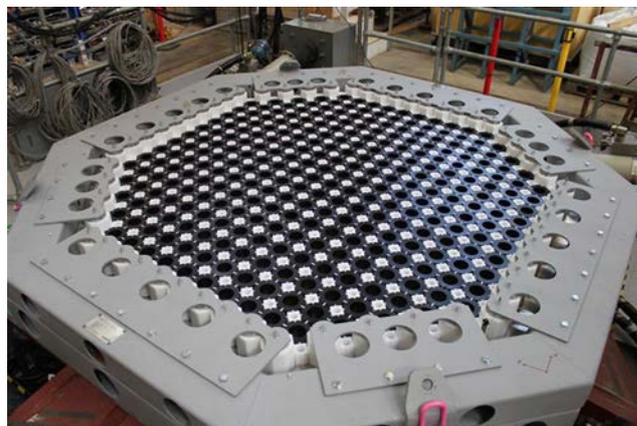
Je rappelle la sensibilité des deux composants non remplaçables, la cuve et l'enclume de confinement du bâtiment réacteur. **Les cuves du parc français** ont déjà fait l'objet de la démonstration de leur sûreté jusqu'à la VD4²⁷ du palier 900 MWe (à partir de 2019), moyennant un contrôle par EDF lors de l'arrêt décennal de chaque réacteur. Je considère qu'elles **présentent des caractéristiques favorables**, notamment si elles sont comparées à l'international. Des leviers de marges existent pour démontrer leur sûreté au-delà de la VD4. **Les enceintes**, qui constituent la troisième barrière de confinement, **assurent également une fonction de protection essentielle**. Leur résistance mécanique et leur étanchéité ne posent pas, à ce stade, de difficulté pour le palier 900 MWe. Pour les paliers suivants, de conception différente, six tranches ont déjà nécessité des travaux d'étanchéité importants et des solutions complémentaires sont en cours de développement avec les industriels du secteur. L'objectif est de disposer des éléments nécessaires pour les VD3²⁸ du palier 1 300 MWe et les VD2 du palier N4²⁹ (à partir de 2017).

La prolongation de la durée de fonctionnement sera traitée en premier lieu pendant les visites décennales VD4 900, à partir de 2019. J'attire l'attention sur la **nécessité d'anticiper** l'étude de ces dossiers, pour finaliser au plus tôt avec l'ASN les évolutions et assurer ainsi la qualité de l'instruction et de la réalisation.

Au Royaume-Uni, comme je le notais dans mon rapport 2012, la durée de vie de la flotte de quatorze réacteurs AGR est susceptible d'être limitée par l'intégrité du

graphite qui assure la stabilité de la structure pour permettre l'insertion des barres de commande.

Le dossier de sûreté actuel autorise une limite de 10 % de briques de graphite fissurées dans le noyau et démontre l'absence d'effet falaise jusqu'à une fissuration de 30 %. A ce jour, un petit nombre de fissures a été observé sur quelques réacteurs. Les analyses de sûreté menées par EDF Energy ont montré le caractère acceptable de ces fissures en exploitation. Pour approfondir l'analyse de sûreté, un programme important de recherche est en cours (cf. chapitre 10). Si je salue ces travaux, j'attire cependant l'attention sur la **nécessaire robustesse de cette démonstration de sûreté** avant toute nouvelle décision de prolongation de durée de fonctionnement et de modification des conditions d'exploitation. Enfin, je note que la perspective, désormais bien engagée, de la construction des réacteurs EPR au Royaume-Uni est de nature à diminuer les contraintes qui pèsent sur la prolongation des AGR.



Maquette d'un cœur graphite AGR sur table sismique

²⁷ Quatrième Visite Décennale.

²⁸ Troisième Visite Décennale.

²⁹ Réacteurs 1 450 MWe.

2/ LA SÛRETÉ EN EXPLOITATION : BONNE TENUE DES RÉSULTATS



Centrale nucléaire de Cattenom, salle de commande

L'année 2013 a été marquée par la bonne tenue des résultats de sûreté du parc français, dans un contexte très défavorable de lourdes prolongations d'arrêts de tranche.

Les résultats du parc d'EDF Energy sont satisfaisants, ceux de CENG aux États-Unis demeurent contrastés.

LES RÉSULTATS OPÉRATIONNELS

Dans le parc français

Je retiens d'abord l'absence d'événement significatif pour la sûreté (ESS) de niveau 2 sur l'échelle internationale INES, pour la première fois depuis 2010.

Je relève ensuite la diminution significative (- 23 %) du nombre d'événements classés au niveau 1 de l'échelle INES par rapport à 2012 (1,19 par réacteur en 2013), malgré le maintien à un niveau historiquement élevé des ESS (11,6 par réacteur, niveaux 0 et 1). Si **je me félicite toujours du niveau de transparence** pratiqué par les CNPE, j'observe que le nombre d'événements affectant

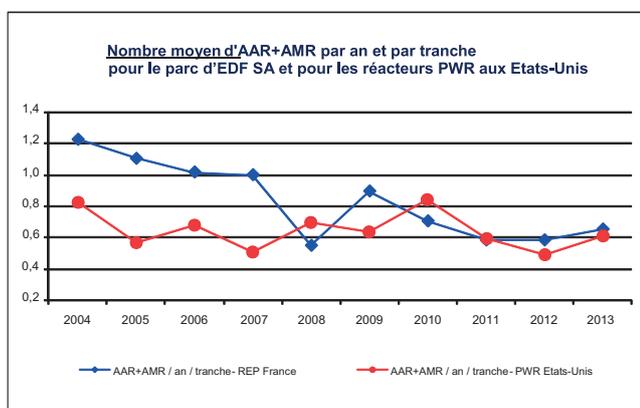
les activités de maintenance demeure au niveau élevé atteint en 2012. Le niveau des ESS pour non-respect des spécifications techniques d'exploitation (STE), code de la route de l'exploitant nucléaire, demeure aussi trop élevé bien qu'en diminution en 2013 (1,34 par réacteur) et appelle des actions correctives.

Je veux aussi insister sur le contexte d'ensemble, marqué par **une campagne d'arrêts de tranche très perturbée**, avec des prolongations d'arrêts de plus de 26 jours en moyenne. Une telle situation est défavorable à la sérénité et à la bonne maîtrise des opérations, avec très souvent de nombreux transitoires d'exploitation supplémentaires non prévus, conduisant à une augmentation du nombre d'écarts de sûreté. Si je me félicite que les équipes des CNPE aient su garder la tête froide et redoubler de

vigilance pour respecter la priorité absolue à accorder aux exigences de sûreté, je considère qu'**une telle situation n'est pas satisfaisante** et mérite également des actions d'amélioration rapides.

Des domaines importants en progrès

Le nombre d'**arrêts automatiques par réacteur** (AAR) atteint 0,59 (0,55 en 2012). Ce résultat demeure **satisfaisant**, y compris **au regard des meilleures performances internationales** (0,60 pour le parc des 69 réacteurs REP des États-Unis). J'attire cependant l'attention sur l'émergence de défauts nouveaux d'origine matérielle, dont la maîtrise devra être garantie dans les années à venir. Fin 2013, 32 réacteurs n'ont pas connu d'AAR sur l'ensemble de l'année.



Je retiens ensuite les **bons résultats dans le domaine incendie**, risque potentiel majeur dans les installations nucléaires. Cette année encore, j'ai mesuré les progrès accomplis, avec un faible nombre de départs de feu et une évolution positive sur l'ensemble des sites des volets prévention, organisation et lutte. Sur ce dernier point, je retiens les deux incendies notables de 2013 sur la partie non nucléaire des installations : feu sur les paliers d'un groupe turbo-alternateur de Bugey et sur un transformateur de Cattenom. Ces deux incendies ont été très bien maîtrisés et je souligne le professionnalisme et le sang-froid des équipes qui ont dû y faire face, celles du CNPE et celles des services départementaux d'incendie et de secours concernés (SDIS 01 et SDIS 57).

Je relève également la **baisse sensible des écarts de configuration des circuits** (- 30 %) malgré, là encore, les très fortes perturbations dans l'organisation des activités sur les arrêts de tranche. Je souligne la vigilance des acteurs et la bonne organisation qui ont également contribué à un bon niveau de maîtrise des condamnations administratives (CA), opérations de terrain à très fort enjeu de sûreté. Les trois-quarts des réacteurs n'ont connu aucun écart sur les CA. Cependant la recrudescence de certaines erreurs de lignages a conduit à endommager

des équipements importants pour la sûreté dans des états où ils n'étaient pas requis, générant de très fortes perturbations sur les activités d'arrêts de tranche.

Progrès également dans la maîtrise des essais périodiques, activité importante qui apporte tout au long de la vie des réacteurs la démonstration de la disponibilité des matériels et systèmes importants pour la sûreté. Après une année 2012 en retrait, la baisse du nombre des ESS détectés lors de la réalisation de ces essais est sensible (- 20 %).

Comme les deux années précédentes, je retiens le **bon niveau** (2,6 %) **du taux d'indisponibilités fortuites (tranches en marche), confirmant dans la durée les progrès accomplis**. Fin 2013, plus de la moitié des tranches affichent un taux inférieur à 1,3 %. Je mesure lors de mes visites la mobilisation des équipes « tranches en marche », bien soutenues par le niveau national dans l'intégration délicate des nouveaux référentiels d'organisation issus des meilleures pratiques internationales. Je relève en particulier l'action volontariste qui a réduit de 40 % en trois ans les pots de DI (demande d'intervention).

Je souligne le très bon niveau de disponibilité des systèmes de sauvegarde (RIS³⁰, ASG³¹ et diesels de secours), avec des taux d'indisponibilité respectivement de 0,09 %, 0,01 % et 0,02 %, toujours parmi les meilleurs mondiaux.



Centrale nucléaire de Bugey

Des points de préoccupation

La maîtrise du référentiel de sûreté en exploitation repose, en grande part, sur le respect des STE. Ce référentiel a régulièrement été rendu plus exigeant par l'ASN et par l'exploitant, amenant ce dernier à renforcer son

³⁰ Injection d'eau de secours pour assurer le refroidissement du réacteur.

³¹ Alimentation de Secours des Générateurs de vapeur.

organisation et sa formation pour démontrer sa capacité à exploiter ses réacteurs dans les meilleures conditions de sûreté. Si les ESS de non-conformité aux STE (NC STE) retrouvent en 2013 une valeur plus conforme aux meilleurs résultats des années antérieures (1,33 par réacteur), ce **résultat reste encore trop élevé et mérite des actions volontaristes** dans les CNPE. J'attire à ce propos l'attention sur les ESS dus à des sorties du domaine de fonctionnement autorisé, à l'origine de 30 % des NC STE. Leur stabilisation, dans le contexte d'arrêts de tranche évoqué précédemment, est à noter. J'ai mesuré, lors de mes visites de sites, l'apport de l'opérateur pilote de tranche dans la maîtrise des transitoires délicats et la surveillance en salle de commande. Superviseur présent en permanence, il constitue désormais une ligne de défense solide.

Comme dans mon rapport 2012, j'insiste à **nouveau sur les arrêts de tranche** dont les difficultés de maîtrise des activités conduisent à un nombre élevé d'ESS, pour les activités de conduite et celles de maintenance. La **préparation des interventions, l'analyse de risques, le contrôle technique ou les requalifications des équipements après intervention** ne sont toujours pas à l'attendu. Je formule cette alerte depuis deux ans et je me félicite donc de l'engagement à la DPN du projet MQME³² pour maîtriser l'ensemble de ces questions. Ce projet pose un bon diagnostic et s'appuie sur une approche réaliste et pragmatique. Reste aux sites à s'en emparer pour des évolutions sensibles lors des prochaines campagnes d'arrêts de tranche. Je reviens sur ce domaine au chapitre 6. Plus généralement en arrêts de tranche, il faut renforcer certains points clés de la maîtrise de la sûreté : en premier lieu les COMSAT³³ et l'écoute des chefs d'exploitation.

Je note la hausse du nombre d'ESS associés à la réalisation des modifications sur les sites en 2013 (19) par rapport à 2012 (12). Pour autant, je relève la hausse de 40 % des activités de modification. Là encore, la culture de sûreté est à renforcer, en s'appuyant en particulier sur les pratiques de fiabilisation.

J'attire enfin l'attention sur la **persistance d'un nombre significatif d'événements portant sur la maîtrise de la réactivité** du cœur. Si des efforts importants ont été consentis ces dernières années, avec en particulier la mise en place d'ingénieurs cœur-combustible sur chaque site, la définition d'un guide de maîtrise de la réactivité bien pensé et le renforcement du contenu des formations, je considère ce domaine comme toujours fragile, et j'insiste à nouveau sur l'importance à accorder à la bonne maîtrise des phénomènes physiques par les opérateurs de conduite. Je me félicite que la DPN ait en 2013 revu son

niveau d'exigence à la hausse en abaissant sensiblement le seuil d'alerte de ce domaine.

Les performances du combustible

Comme en 2012, je souligne l'importance de la fiabilité du combustible nucléaire (gaine), première barrière technique de la défense en profondeur. Je consacre cette année le chapitre 9 à ce domaine d'activités à fort enjeu pour la sûreté.

En France, des actions ont été engagées ces dernières années, allant de la conception des assemblages jusqu'à la démarche FME³⁴, visant à protéger la gaine du combustible des agressions de corps migrant en exploitation.

Je note avec satisfaction les résultats obtenus : le **taux de défaillance réduit d'un facteur trois depuis 2011** (0,11 % en 2013, soit 9 assemblages non étanches sur un peu plus de 8 000 assemblages déchargés). Ce résultat, le meilleur depuis dix ans, rapproche le parc français des résultats obtenus par les réacteurs REP aux États-Unis.

De plus, les arrachages de grilles lors de la manutention du combustible continuent de diminuer, sous l'effet conjugué de la très nette amélioration de la fiabilité des machines de chargement-déchargement, des nouvelles conceptions de grilles d'assemblages et de l'attention apportée à la formation des équipes chargées de ces opérations sensibles.

J'attire l'attention sur les **déformations d'assemblages relevées sur certains réacteurs des paliers 1 300 MWe et N4**. Ces déformations peuvent en effet réduire l'efficacité des dispositifs de chute de grappes, essentielle pour la sûreté.

Plus globalement, je salue la politique de diversification des fournisseurs du combustible menée par le Groupe depuis plusieurs années.

DANS LE PARC BRITANNIQUE

Des motifs de satisfaction

Le nombre d'ESS déclarés en 2013 par EDF Energy est en légère augmentation (5,1 par réacteur, pour 4,6 en 2012) mais reste bas, avec des pratiques de déclaration différentes au Royaume-Uni et en France, compte tenu des exigences des autorités de sûreté respectives.

Le nombre d'événements classés sur l'échelle INES, tous limités au niveau 1 en 2013, est également bas (0,80 par réacteur), sensiblement inférieur à celui du parc en

³² *Maîtrise de la Qualité de Maintenance et d'Exploitation.*

³³ *COMmission Sûreté en Arrêt de Tranche.*

³⁴ *Foreign Material Exclusion, axée sur la protection vis-à-vis du risque des corps étrangers dans le circuit primaire principal.*

France. Je m'interroge toujours sur la signification d'un niveau aussi bas, qui doit être considéré en première approche comme positif. Tout en soulignant le haut niveau de transparence d'EDF Energy, un des tout premiers contributeurs à la collecte d'événements pour WANO, je m'interroge sur la pertinence ou sur la finesse de la maille de déclaration des événements INES niveau 1 au Royaume-Uni où, de plus, l'exploitation des événements de niveau 0 est peu développée.

Les **événements de non-respect des STE**, désormais définis de la même manière à EDF SA et à EDF Energy, **diminuent** (0,67 par réacteur). Je me félicite d'une telle évolution, due en partie à l'efficacité du plan d'actions de 2012 sur le respect des procédures (procédure adhérence). J'attire à nouveau l'attention sur le bon niveau de disponibilité des systèmes de sauvegarde RIS (0,33 %), ASG (0,02 %) et diesels de secours (0,27 %) des tranches AGR. Leur niveau est exceptionnel sur le réacteur REP de Sizewell B, avec des taux d'indisponibilité nuls depuis plusieurs années, en raison essentiellement de sa conception robuste avec quatre trains de sûreté.

L'année 2013 a confirmé les progrès relevés dans mon rapport 2012 dans l'exploitation des machines de manutention du combustible dans les réacteurs AGR (fuel route machines), sensibles sur le plan de la sûreté. L'amélioration de ces résultats est pour partie le fruit des efforts importants de fiabilisation engagés sur ces équipements.



Centrale nucléaire de Dungeness B

Des points de préoccupation

J'insiste sur le **niveau insuffisant de la prévention incendie** déjà évoqué. Si aucun départ de feu ni aucun incendie majeur n'ont été enregistrés en 2013 et si les départs de feu mineurs ont légèrement diminué, ce domaine mérite selon moi des actions correctives vigoureuses. Les observations faites lors de mes visites de sites rejoignent celles, récurrentes, des Peer Reviews de WANO. L'évaluation menée avec l'aide des experts du

parc français va également dans ce sens. J'ai bien noté les initiatives et les actions engagées par EDF Energy, en particulier pour réduire les fuites d'huile et améliorer la propreté-rangement (housekeeping). J'invite chacun des directeurs de site à renforcer significativement sa mobilisation sur ce point d'importance.

A EDF Energy, il faut considérer le cumul **arrêts automatiques et arrêts manuels de réacteur**, les procédures britanniques demandant plus fréquemment aux opérateurs de déclencher manuellement l'arrêt du réacteur, avant l'action des automatismes. Après deux ans d'amélioration significative, je relève en 2013 une stagnation (1,48) du nombre d'arrêts automatiques et manuels, **toujours à un niveau sensiblement inférieur aux meilleures performances internationales** et à celles d'EDF SA.

Le taux d'indisponibilité fortuite des réacteurs (tranches en marche) s'établit à 6,9 %, en progrès par rapport au niveau de 2012, mais trop éloigné encore des meilleures performances mondiales ou de celles du parc français. La fiabilité des équipements relevée par la dernière corporate WANO Peer review, ne bénéficie pas assez des effets d'un programme AP 913, pourtant lancé il y a plus de sept ans, et reste insuffisante. J'invite à renforcer la coopération avec le parc français. Pour autant, je me félicite que les deux plus anciens sites AGR du parc aient atteint en 2013 des résultats comparables à ceux des réacteurs REP³⁵, malgré une exploitation réputée plus difficile. J'y vois un signe encourageant et la preuve que des solutions peuvent être développées.

J'attire enfin l'attention sur les non-qualités de maintenance affectant encore trop souvent le bon déroulement des arrêts de tranche. Des similitudes avec les difficultés rencontrées par le parc d'EDF SA dans ce domaine sont frappantes et je m'attacherai lors de mes visites de sites en 2014 à me faire présenter les actions correctives engagées.

Dans le parc de CENG

Le nombre d'ESS déclarés en 2013 par CENG baisse légèrement (8,8 par réacteur), avec des pratiques de déclaration différentes aux États-Unis, l'INPO assurant le classement et l'analyse.

Le nombre d'événements classés sur l'échelle INES, tous limités au niveau 1 en 2013, baisse (0,6).

A CENG, comme à EDF Energy, il faut considérer le cumul arrêts automatiques et arrêts manuels, les procédures américaines demandant elles aussi plus fréquemment aux opérateurs de déclencher manuellement l'arrêt du réacteur, avant l'action des automatismes. Les résultats

³⁵ Réacteur à Eau Pressurisée.

2013 s'améliorent (0,68) mais sont encore loin des performances de la période 2006-2009. La dispersion des résultats reste importante entre les sites de Calvert Cliffs, de Ginna et de Nine Mile Point.

J'attire l'attention sur la disponibilité des systèmes de sauvegarde, RIS (de 0,2 à 1,2 %), ASG (de 0,1 à 0,7 %) et surtout des diesels de secours (de 1,1 à 1,7 %). Ces résultats ne se distinguent qu'assez peu de ceux du parc américain mais sont toujours très en retrait par rapport aux pratiques européennes, d'un facteur 5 à 10. Concernant des équipements à aussi fort enjeu de sûreté que les diesels de secours par exemple, je m'interroge sur la pertinence des modes d'exploitation qui conduisent à ces résultats.

Je note les **bons taux d'indisponibilités fortuites (tranches en marche) en 2013**. Avec un taux moyen de 1,7 %, la performance du parc CENG est supérieure à la moyenne américaine, ce qui constitue un point de satisfaction.



Centrale nucléaire de Calvert Cliffs

Le cumul d'indisponibilités (tranches en marche et prolongations d'arrêts) est sensiblement meilleur qu'en 2012 (2,1 % en 2013), le meilleur résultat depuis quatre ans.

J'insiste de nouveau, pour l'ensemble du Groupe, sur l'effet positif pour la sûreté d'un tel niveau de disponibilité, avec aussi peu de prolongations d'arrêts de tranche, donc de perturbations pour les exploitants.

Enfin, je relève que les cinq réacteurs exploités par CENG atteignent un niveau de performance INPO allant du deuxième au quatrième quartile, et disposent d'une réelle marge de progression pour rejoindre les meilleurs exploitants des États-Unis.

3/ LE MANAGEMENT DE LA PRIORITÉ SÛRETÉ



Centrale nucléaire de Calvert Cliffs, communication sécurisée en salle de commande

L'amélioration attendue de la performance industrielle, dans un contexte de renouvellement des compétences et de rénovation des installations, est l'enjeu majeur du groupe EDF pour les prochaines années.

Les équipes de travail et leurs managers sont très sollicités pour l'atteinte de cet objectif, au risque parfois de perdre de vue le bon ordre des priorités.

La détermination de l'exploitant pour porter la priorité sûreté, avec à ses côtés une ingénierie de conception en appui et des équipes de contrôle interne de sûreté reconnues, constitue une garantie solide dans ce contexte.

LA PRIORITÉ SÛRETÉ PORTÉE PAR UN EXPLOITANT FORT

La bonne orchestration des activités et leur juste priorisation en fonction des impératifs de sûreté reposent sur un exploitant fort. Ce qui doit être vrai sur les sites de production avec l'autorité à accorder à la conduite, doit l'être tout autant au niveau national.

En France, l'existence d'une ingénierie nationale puissante, indispensable à la bonne marche d'un parc de 58 réacteurs, n'a pas, par le passé, toujours créé les conditions du plein exercice de la responsabilité de l'exploitant. Je note les évolutions engagées pour **renforcer le rôle et la place centrale de l'exploitant** (DPN) dans les dispositifs nationaux de management technique des opérations. A charge pour lui de porter haut la priorité de sûreté, avec

toute la légitimité que lui confère sa position. Je considère en effet qu'une telle orientation est indispensable pour aborder dans les meilleures conditions les chantiers sans précédents du programme Grand carénage et je me félicite des décisions prises en ce sens en 2013, tant à la DPN qu'à la DIN. J'attire l'attention sur la nécessité pour l'exploitant de renforcer son appropriation des référentiels de sûreté de conception et leur déclinaison opérationnelle sur site.

J'observe également sur l'ensemble des sites visités en 2013 des services de conduite bien positionnés, chargés de la sûreté temps réel et de l'orchestration des activités, avec des directeurs de sites vigilants et actifs sur ce point d'importance.



«La sûreté nucléaire est notre principale priorité»
(Andrew Spurr, EDF Energy)

EN FRANCE, L'ATOUT D'UNE INGÉNIERIE INTÉGRÉE

Comme je l'avais déjà relevé, je mesure l'importance pour le parc français de disposer d'une ingénierie nationale, la DIN, **responsable de conception**, *responsible designer*, établissant les référentiels de sûreté et chargée de la démonstration de sûreté de la conception des réacteurs. Sans constituer exactement une filière indépendante portant sur la conception, *design authority* qui existe dans d'autres compagnies nucléaires à l'international, je me félicite du rôle essentiel de cette ingénierie pour garantir la sûreté du choix et la **maîtrise des évolutions de conception tout au long de l'exploitation**. A ce titre, elle est l'interlocuteur reconnu de l'autorité de sûreté.

UN APPUI PLUS OPÉRATIONNEL AUPRÈS DES MANAGERS DE PROXIMITÉ

En France, j'avais insisté sur la charge excessive des managers et leur besoin de priorisation. Je relève à nouveau cette année les mêmes difficultés, avec **encore beaucoup trop de sollicitations inutiles** les détournant du « focus opérationnel ».

Si les chefs de service rencontrés me paraissent plus sereins, **je souligne la situation des managers de proximité** (MPL) qui me semblent en attente de sens et de visibilité sur les projets à venir et leur priorisation. J'observe que les équipes de direction des services n'apportent pas suffisamment de réponses sur ces deux points. J'attire également l'attention, cette année encore, sur les chefs d'exploitation. Responsables de la sûreté en temps réel, ils expriment, comme leurs collègues MPL des autres services, un besoin de marges de manœuvre managériale qui doit pouvoir être mieux entendu par les directions locales. Je suis également très frappé par leur ressenti lors des arrêts de tranche : certains me disent avoir encore trop souvent des difficultés pour faire entendre leurs positions

de sûreté par les équipes d'arrêt. J'invite les directeurs de site à accorder la plus grande attention à cette expression. Dans les centres d'ingénierie de la DIN, je me félicite du bon équilibre trouvé avec des managers référents techniques et des équipes de taille réduite. Je relève, là encore, **un besoin de priorisation exprimé par les MPL** rencontrés.

La situation des managers à EDF Energy me semble beaucoup plus sereine et je salue à nouveau le bénéfice des actions engagées dans le cadre du programme leadership. Fortement inspiré de la réussite du programme britannique, un institut du leadership a été créé à la DPN : je m'attacherai en 2014 à en mesurer les premiers effets auprès des managers.

DES INSTANCES DÉDIÉES AU MANAGEMENT DE LA SÛRETÉ

Je rappelle l'importance du Conseil de sûreté nucléaire (CSN) du Groupe, rassemblant autour du Président d'EDF l'ensemble des directeurs opérationnels et des fonctions support pour dégager les orientations nucléaires communes au regard de la priorité sûreté.

En France, je mesure sur les sites visités l'importance des comités technique sûreté (CTS), présidés par les directeurs et permettant l'expression des chefs de service. Au plan national, le CSNE³⁶ à la DPN et le CSNC³⁷ à la DIN sont également des lieux privilégiés où se croisent en transparence l'expression des unités et celle des directions des divisions. J'invite ces dernières à toujours veiller au développement de cet état d'esprit et à organiser une représentation croisée dans ces instances.

Au Royaume-Uni, je note le projet de création au niveau du parc d'un Nuclear Safety Review Board (NSRB) couvrant les activités d'exploitation, les activités d'ingénierie de conception étant seules couvertes à ce jour par une revue nationale. **J'invite EDF Energy à concrétiser rapidement ce projet.**

A CENG, j'avais déjà relevé la bonne pratique des NSRB sur les sites, présidés par des personnalités qualifiées externes et rassemblant également d'anciens exploitants d'autres compagnies.

J'insiste sur la nécessité d'animer à tous ces niveaux **de vrais espaces de débats, techniques et managériaux, ouverts aux apports des regards croisés et des expériences externes.**

³⁶ Comité Sûreté Nucléaire en Exploitation.

³⁷ Comité Sûreté Nucléaire en Conception.

DES UNITÉS NATIONALES D'AVANTAGE TOURNÉES VERS L'APPUI AUX SITES

En France, je déplore cette année encore **l'excès de prescriptions**, émanant pour beaucoup des unités d'ingénierie nationales. Si je me félicite de la volonté affichée par la direction de la DPN de réduire les priorités de travail fixées aux CNPE (**deux priorités pour 2014, sûreté et arrêt de tranche**), je mesure le chemin restant à parcourir pour que les unités nationales directement concernées (UNIE³⁸, UTO³⁹, CEIDRE⁴⁰) se mobilisent autour de telles priorités, en appui aux CNPE. J'ai noté cette année la mise en place des ingénieurs de liaison sites (ILS) au CIPN⁴¹ et au CNEPE⁴², chargés d'accompagner les dossiers de modification et de prendre en compte les spécificités des CNPE. C'est une évolution positive et j'encourage les autres unités nationales à aller résolument dans cette voie.

Je relève que les pratiques d'EDF Energy répondent bien à cette logique, les services nationaux étant orientés presque exclusivement sur l'appui aux sites, avec un dispositif de pilotage des grands domaines transversaux, le *delivery team process*, supervisé par les directeurs de site.

LE MANAGEMENT DES COMPÉTENCES : UNE DYNAMIQUE À POURSUIVRE

J'avais souligné l'importance et le bon départ du programme Compétences à la DPN. Je me félicite de la poursuite en 2013 de sa montée en puissance que je mesure à chacune de mes visites dans les CNPE et les centres de formation de l'UFPI⁴³. La mobilisation des managers sur ce programme et la qualité de l'appui délivré par l'UFPI me semblent au niveau attendu. Je m'interroge toujours sur la disponibilité des DRH des CNPE pour ce domaine qui réclame un investissement à plein temps, comme c'est le cas à EDF Energy et CENG avec des directeurs Training issus des métiers d'exploitation.

Je note la bonne **articulation avec une solide animation nationale des métiers** (cf. chapitre 7) et la remise à plat engagée pour les métiers et formations de maintenance, incluant les formations nucléaires de base pour les prestataires. Je m'attacherai à en suivre les effets en 2014.

Concernant la formation à la conduite, je regrette toujours que les organisations du travail à EDF SA et EDF Energy

³⁸ UNité d'Ingénierie d'Exploitation.

³⁹ Unité Technique Opérationnelle.

⁴⁰ Centre d'Expertise et d'Inspection dans les Domaines de la Réalisation et de l'Exploitation.

⁴¹ Centre d'Ingénierie pour le Parc Nucléaire.

⁴² Centre National d'Équipement Parc en Exploitation.

⁴³ Unité de Formation Production Ingénierie.

ne permettent pas d'atteindre les objectifs sur le volume des entraînements sur simulateurs : 15 jours par an et par opérateur en 2020. J'invite les managers à se saisir sans attendre de cette question à enjeu de sûreté, nécessitant un long temps d'instruction.

J'attire également l'attention sur le risque de désengagement des managers sur le programme Compétences en 2014, dans un contexte de priorisation resserrée sur les deux grands objectifs de la DPN (sûreté, arrêts de tranche). Je souligne à nouveau **l'intérêt de maintenir une coopération active dans ce domaine avec EDF Energy**, dont l'expérience peut être très précieuse.

On m'a également présenté les actions engagées dans les centres d'ingénierie de la DIN. Je note la difficulté de l'UFPI à répondre à leurs attentes portant sur des compétences très spécifiques. Enfin, je me réjouis de la place faite à la valorisation du métier d'architecte-ensemblier dans le projet managérial de la DIN, DINamic 2020.

UN BESOIN EN COMPÉTENCES DE CONDUITE DANS DE TRÈS NOMBREUX SERVICES

J'ai insisté dans mes rapports précédents sur l'importance à accorder au grément des compétences de conduite : les temps de formation très longs imposent de ne jamais relâcher l'effort, par une politique de recrutement régulier, en évitant les « stop and go ». Je considère que les ressources allouées au bon fonctionnement des services de conduite sont de plus en plus satisfaisantes et se rapprochent progressivement des cibles de compétences fixées par exemple en France par la DPN (trois CNPE ont atteint la cible du noyau dur de compétences conduite, NCC, et 5 en sont proches).

Je mesure pourtant, en France et au Royaume-Uni, sur les sites de production comme dans les centres d'ingénierie, l'ampleur des besoins en compétences issues de la conduite pour gréer des postes clés : ingénieurs sûreté, chefs d'arrêts de tranche, ingénieurs tranche en marche, instructeurs simulateurs, ingénieurs études, procédés et fonctionnement général dans les centres d'ingénierie...

J'insiste à nouveau sur ce besoin, important pour la sûreté et qui nécessite un effort ciblé et continu de l'entreprise. Prélever sans précaution ces ressources dans les équipes de conduite les fragiliserait à nouveau : il importe donc de privilégier une approche pluriannuelle, de type GPEC⁴⁴ élargie à toutes les entités concernées.

⁴⁴ Gestion Prévisionnelle des Emplois et des Compétences.

LA PRISE EN COMPTE DU FACTEUR HUMAIN MÉRITE MIEUX

A nouveau, j'insiste sur l'importance à accorder au facteur humain et organisationnel, dans la conception comme dans l'exploitation, par des méthodes de type SOH. J'encourage **l'analyse des processus de décision** selon des approches du type Observatoire sûreté-disponibilité en France ou decision making process à EDF Energy et CENG. Dans un contexte de fortes exigences de disponibilité et de production, de tels dispositifs renforcent la vigilance des décideurs autour de la priorité sûreté.

A la conception, je me félicite de la **prise en compte de ces facteurs SOH très en amont**, par exemple pour la validation des nouvelles salles de commande 1 300 MWe, la qualification du design de la salle de commande de l'EPR de Flamanville ou la définition de l'organisation des équipes de conduite sur ce même réacteur, pour laquelle l'expertise facteurs humains a su se faire entendre, via une démarche exemplaire. En France, je renouvelle mon alerte sur les limites de ces analyses socio-organisationnelles telles que mises en œuvre à l'occasion des changements d'organisation ou projets importants : j'encourage des approches plus pragmatiques, centrées sur les conséquences concrètes pour l'exploitant.

Je souligne également la refonte en 2013 de la méthode d'analyse des événements qui me paraît répondre aux attentes des acteurs de terrain, au bénéfice du REX et de la sûreté.

Dans les CNPE, je rencontre des consultants facteurs humains (CFH) engagés pour la plupart mais je m'interroge toujours sur leur isolement et **j'encourage les directeurs de sites à utiliser pleinement ces compétences** désormais solides.

Je mesure lors de mes visites de site au Royaume-Uni l'intérêt des *nuclear safety survey*, enquêtes de perception de la sûreté réalisées auprès du personnel, prestataires compris, et dont les résultats sont utiles aux managers. Je salue également la démarche proactive engagée par EDF Energy aux côtés de WANO pour développer une méthode reconnue internationalement. Je ne peux que regretter le manque d'ambition en France sur ce point, qui plus est dans un contexte de renouvellement générationnel et d'évolutions sociétales.

Enfin, **j'attire l'attention cette année encore sur les pratiques de fiabilisation**, souvent portées avec l'appui des CFH sur les sites en France. Je mesure des évolutions parfois spectaculaires, notamment dans les services de conduite, et je rencontre des acteurs passionnés. Je m'interroge toujours sur la pérennité et l'hétérogénéité de cette évolution si importante pour la sûreté, nécessitant encore une animation nationale forte et surtout un engagement résolu des managers sur les sites.

LE MANAGEMENT DE LA SÛRETÉ À LONG TERME : MIEUX INTÉGRER LA CHIMIE À L'EXPLOITATION

J'avais en 2012 souligné la nécessité en France de davantage prendre en compte la chimie en exploitation. Je me suis attaché à rencontrer à nouveau les acteurs de ce domaine sur chacun des sites visités. J'ai vu d'excellentes pratiques sur certains sites, tenant pour beaucoup à l'engagement et à la personnalité du directeur délégué mais **je considère que la voix des chimistes a encore trop de mal à se faire entendre**.

Les enjeux temps réel et de court terme sont bien portés par les chimistes de site et bien entendus par les équipes d'arrêts de tranche. Par exemple, la réussite des opérations d'oxygénation du circuit primaire principal en début d'arrêt de tranche, qui conditionne pour beaucoup la dosimétrie engagée au cours de l'arrêt. Les enjeux moyen-long terme sont, en revanche, beaucoup plus difficilement portés et peu, voire pas du tout, écoutés par les équipes d'arrêts de tranche. Ces enjeux engagent pourtant la sûreté à terme, par exemple la protection de l'état des générateurs de vapeur, en réalisant en arrêt les opérations de séchage et de conservation du poste d'eau.

Je relève une amélioration des relations quotidiennes entre la conduite et les chimistes, qui reste à consolider. J'encourage les chimistes à **se rapprocher davantage de la conduite** pour faire valoir, lors des opérations d'arrêts de tranche, ces exigences d'exploitation pour la sûreté à long terme.

LA FILIÈRE INDÉPENDANTE DE SÛRETÉ (FIS) EN FRANCE

Une FIS plus lisible au niveau du parc

J'avais alerté en 2012 sur le besoin de lisibilité de la FIS, au niveau du parc. On m'a présenté les évolutions proposées ou mises en œuvre, sur la base d'un diagnostic pertinent. **Les orientations retenues clarifient les rôles et missions**, selon le cadre en vigueur dans les CNPE : vérification, analyse, assistance-conseil et ingénierie de sûreté. L'existence d'une entité interne d'évaluation de sûreté indépendante à chacun des trois niveaux de management renforce ainsi la sûreté, en cohérence avec la politique sûreté du Groupe. Je relève également **le renforcement de l'animation nationale assurée par ces équipes, salué par les CNPE**.

Des chefs de mission sûreté dont la voix mérite d'être entendue

Le chef de mission sûreté qualité (MSQ), parfois appelé « directeur sûreté », assure dans les CNPE une fonction essentielle d'animation des équipes locales de la FIS et d'évaluation froide et sereine de l'état de sûreté du site pour le compte de son directeur. Il peut, au besoin, interpellier le niveau de management supérieur s'il considère qu'une décision va à l'encontre des exigences de sûreté. Je m'attache à les rencontrer à chacune de mes visites et je considère qu'ils **remplissent bien leur mission**. De plus en plus de missions à caractère opérationnel leur sont confiées : animation du processus sûreté du SMI⁴⁵, supervision managériale des services SSQ et de protection de site, voire pour les sites concernés le pilotage de la mise en place des équipes régionales de la FARN. J'attire l'attention sur le **risque de les voir perdre le recul dont ils ont besoin** pour assurer pleinement leur mission première et j'invite chacun des directeurs de site à veiller à nouer dans la durée une relation privilégiée avec leur chef MSQ.

Des ingénieurs sûreté (IS) reconnus et écoutés

J'ai constaté sur les sites visités que les IS étaient partout écoutés par la direction et avaient toujours, selon des modalités différentes, **une relation de proximité avec leurs directeurs**. Je me félicite que de telles pratiques soient désormais très répandues et j'encourage leur généralisation. L'originalité de l'approche française du contrôle de sûreté interne repose en effet beaucoup sur cette relation très étroite entre les directeurs et leurs IS, par nature exposés et pouvant se retrouver seuls contre tous à défendre une position de sûreté.

Si le grément des IS est conforme aux exigences, je relève comme en 2012 une forte proportion de profils issus de la filière jeune ingénieur (7 sur 10). La **baisse régulière du nombre d'IS issus de la conduite** (CE, CE délégués) n'est pas enrayée et prive ces collectifs de travail d'une diversité qui serait très profitable à la sûreté. Je m'étonne de la persistance d'une valorisation insuffisante de ce type de parcours professionnel, en comparaison à d'autres (instructeurs simulateur, emplois d'arrêts de tranche par exemple). J'invite les directeurs de site à **prendre des initiatives** en ce sens.

Des équipes d'auditeurs maintenance trop fragiles

J'avais déjà relevé l'hétérogénéité des équipes d'auditeurs, en nombre et en profils. Ces équipes vérifient pour l'essentiel les activités de maintenance. J'insiste sur la nécessité de **renforcer significativement ces équipes**, dont la mission n'est pas aujourd'hui correctement assurée, voire diluée avec d'autres activités. Nombre de sites se privent ainsi d'**un aiguillon qui serait pourtant très utile** pour interpellier les services de maintenance et progresser en qualité dans les activités de maintenance, assurées en propre ou sous-traitées.

L'évaluation périodique des sites nucléaires par l'Inspection Nucléaire (IN)

Je m'assure chaque année du bon fonctionnement de l'Inspection Nucléaire (IN), chargée des évaluations périodiques de sûreté en France (EGE⁴⁶), conduites tous les quatre ans dans chaque CNPE et complétées par des visites de suivi. Je m'attache également à recueillir l'appréciation portée par WANO sur les sites français inspectés tous les quatre ans.

Les visites et inspections programmées en 2013 ont bien été réalisées, fournissant aux directeurs de centrales et à la direction des parcs des indications précieuses pour l'amélioration continue de la sûreté. Je souligne également la bonne allocation de ressources à cette activité sensible, réclamant des CNPE des compétences de bon niveau.

J'attire l'attention sur la **dégradation, pour la deuxième année consécutive, du taux de prise en compte des recommandations** d'une EGE à l'autre, descendu à 50 % en 2013, très en dessous de l'objectif managérial fixé à 75 %. Ce constat est confirmé par les WANO Peer reviews, avec parfois seulement 40 % des AFI⁴⁷ traitées lors des visites de suivi follow up. Si je me félicite du travail engagé par l'IN pour formuler des recommandations plus claires et moins nombreuses, je rappelle la démarche d'accompagnement des sites mise en œuvre par l'INPO aux États-Unis après chaque évaluation périodique, concentrée sur les deux ou trois problématiques majeures que rencontre le site. Je ne peux qu'encourager une telle évolution en France, associant les unités d'ingénierie nationales.

Je relève enfin l'amélioration de la prise en compte des SOER⁴⁸ WANO, qui atteint désormais 55 %, toutefois encore loin des meilleures pratiques internationales.

⁴⁶ Evaluation Globale d'Excellence.

⁴⁷ Area For Improvement.

⁴⁸ Significant Operating Experience Report.

⁴⁵ Système de Management Intégré.

La mission d'audit et d'évaluation (MAE) à la DIN

La MAE dispose des compétences nécessaires pour remplir correctement sa mission de contrôle. J'ai bien noté que le recours à des prestations externes, en cas de pics d'activité, ne portera pas sur le domaine sûreté. J'attire néanmoins l'attention sur les besoins de l'ensemble des filières d'audit et de contrôle interne du Groupe, dont les gréments doivent être assurés de manière coordonnée. Je salue le travail de **coopération réalisé avec l'Inspection Nucléaire**, allant jusqu'à l'appui par la MAE à l'évaluation d'une unité d'ingénierie de la DPN en 2014, ainsi que la définition d'un référentiel d'évaluation des équipes communes DIN-DPN pour les EGE, qui permet désormais de fournir une évaluation de synthèse utile pour les directeurs des centres d'ingénierie.

Le **dispositif** des évaluations globales des centres d'ingénierie (**EGCI**) tous les trois ans est **robuste et bien piloté par les managers** de la DIN. J'encourage l'appel à des pairs issus des centres d'ingénierie, envisagé pour créer les équipes EGCI.

L'OIU, ORGANISME DE CONTRÔLE INTERNE INDÉPENDANT

J'ai, comme chaque année, rencontré les équipes de l'OIU, organisme d'inspection de l'utilisateur. Cette entité de la DIN exerce son activité dans le cadre du décret relatif aux équipements sous pression neufs et couvre principalement les contrôles de fabrication d'une partie des équipements de l'EPR de Flamanville 3. L'ASN veille au strict respect de l'indépendance des évaluations et avis techniques de ce type d'organismes de contrôle, l'IGSN constituant le recours interne ultime pour EDF SA.

Je me suis assuré de la solidité des compétences de l'OIU d'EDF et des conditions d'exercice de la mission de ses inspecteurs. J'alerte sur le bon **équilibre des rôles entre l'autorité de contrôle déléguaire (ASN) et l'organisme habilité (OIU)**. Je mesure en effet un risque important de déresponsabilisation croissante de l'OIU par une approche trop présente de l'autorité réglementaire sur des activités de contrôle pourtant déléguées dans un cadre déjà très strict et exigeant.

L'INDEPENDENT OVERSIGHT À EDF ENERGY

Au terme d'une phase de partage d'expérience assez poussé en 2010-2011 avec EDF SA, le parc britannique a décidé de doter chaque site de trois *engineers for nuclear safety review* (ENSR), dont un seul est dédié au contrôle journalier (hors week-end) et à la confrontation

technique (daily challenge) avec le chef d'exploitation (shift manager). Ces ENSR n'ont pas d'organisation d'astreinte ni de rôle semblable à celui des IS en situation accidentelle. Les équipes du NIO⁴⁹ auxquelles ils sont rattachés rendent comptent au SRD⁵⁰ central avant de reporter au directeur de site et à son adjoint.

Le contrôle interne de sûreté britannique, appelé internal regulator, s'appuie moins que le dispositif français sur un référentiel complet et très détaillé. Les ENSR ne sont donc pas attendus au même niveau de détail dans l'évaluation de sûreté des tranches ; ils sont davantage des évaluateurs que des auditeurs. *De facto*, cela impose plus encore qu'en France de disposer de profils conduite très expérimentés, pouvant développer une bonne analyse et une vision d'ensemble du niveau de sûreté des tranches. En France, de jeunes ingénieurs sûreté (IS) peuvent assurer leur mission de base, consistant pour beaucoup à appliquer la directive 122, référentiel indiquant très précisément le contenu de leurs vérifications. J'ai mesuré lors de mes visites sur les sites britanniques les **difficultés de grément de ces ingénieurs de sûreté en profil conduite** et, plus généralement, une grande hétérogénéité dans la constitution et les profils des équipes NIO, fragilisant cette ligne de défense. Je relève les initiatives d'EDF Energy pour régler ces problèmes, avec un plan d'actions incluant la recherche de candidats à l'international et l'offre de parcours professionnels plus attractifs. **J'invite les directeurs de sites à être plus proactifs dans leur contribution au grément** de ces ressources critiques. Ce dernier point m'amène à m'interroger cette année encore sur **le non-rattachement de tout ou partie de ces équipes internes de contrôle de sûreté aux directeurs** des sites. Je considère qu'une telle disposition responsabiliserait davantage ces directeurs sur ce point.

Je souligne le bon usage fait par EDF Energy des Peer reviews de WANO, conduites tous les trois ans sur chacun des sites. La prise en compte des AFI est en effet remarquable, avec un taux supérieur à 90 %, et l'intégration des SOER dépasse 70 %. Plus généralement, la contribution dans la durée d'EDF Energy au fonctionnement de WANO est à saluer.

Enfin, je me félicite du détachement au sein des équipes du SRD d'EDF Energy d'ingénieurs expérimentés dans le domaine du contrôle de sûreté venant des CNPE français. J'ai mesuré combien ce type de profil y est apprécié.

⁴⁹ Nuclear Independent Oversight.

⁵⁰ Safety and Regulation Department.

LE CONTRÔLE DE SÛRETÉ INDÉPENDANT À L'INTERNATIONAL : CHINE, RUSSIE, JAPON

La notion d'*independent oversight* est un des attendus de WANO au plan international.

Elle se décline différemment d'un pays à l'autre, les compagnies anglo-saxonnes privilégiant l'ouverture de leurs instances de contrôle de sûreté à des personnalités qualifiées externes à l'entreprise (Nuclear Safety Review Board chez CENG ou EDF Energy, par exemple).

La question de la filière indépendante de sûreté traverse nombre des grands acteurs du nucléaire et je relève que la voie retenue par EDF en France suscite l'intérêt d'autres exploitants nucléaires dans le monde :

- en Chine, où sont créées des filières indépendantes de sûreté sur les sites de CGN et au niveau central de cette compagnie (inspection nucléaire du parc), nombre d'inspecteurs ayant été formés par l'Inspection Nucléaire d'EDF SA,
- en Russie, où la compagnie Rosenergoatom (REA) affiche sa volonté de se rapprocher du mode d'organisation retenu en France et développe des échanges de pratiques, allant jusqu'à la formation d'inspecteurs, avec l'Inspection Nucléaire d'EDF SA,
- au Japon, où j'ai mesuré la volonté des exploitants de se doter d'un outil de contrôle de sûreté partagé, le JANSI, sur le modèle de l'INPO américain (cf. chapitre 11), et apprécié l'intérêt désormais porté par TEPCO au mode d'organisation interne d'EDF SA.

Je me félicite également des relations que cherchent à nouer avec moi mes homologues russes et chinois de Rosenergoatom et de CGN. Je ne peux qu'encourager ces évolutions en y apportant ma contribution.

La coopération entre les inspecteurs généraux du groupe EDF et de REA

EDF SA et Rosenergoatom (REA) poursuivent un programme de coopération pluridisciplinaire depuis plus de dix ans. Un programme d'échanges de pratiques et d'informations est également en place entre les inspecteurs généraux des deux sociétés, avec une forte implication de l'Inspection Nucléaire de la DPN. Des inspecteurs de REA ont été formés aux méthodes d'évaluation sûreté des CNPE et des participations croisées à des inspections d'installations sont organisées. En 2013, pour la première fois, l'inspecteur général pour la sûreté nucléaire de REA, M. Nikolai M. Sorokin, a participé à l'inspection d'un CNPE en France aux côtés de l'IGSN.



L'inspecteur général de Rosenergoatom à la centrale de Blayais

LES RELATIONS AVEC LES AUTORITÉS DE SÛRETÉ

En France, des points encourageants dans les relations avec l'ASN

Dans un contexte difficile, je note avec intérêt l'expérimentation en 2013 du système d'autorisation interne (SAI) à la DPN, pour une mise en place en 2014, couvrant les demandes de modifications temporaires des spécifications techniques d'exploitation (DMT STE). J'ai mesuré que ce dispositif exigeant conduit l'exploitant à une analyse en profondeur, identifiant des mesures compensatoires mieux adaptées et robustes.

J'avais attiré l'attention sur les relations entre les CNPE et les divisions régionales de l'ASN, en insistant sur l'importance des ingénieurs chargés de ces relations (IRAS). Je les ai rencontrés cette année et me félicite de la mise en place d'une animation nationale de ce métier. J'encourage toujours les directeurs d'unité à accorder toute l'attention voulue au bon grément de ces emplois et à leur bonne connexion à la direction du site. Je relève à nouveau le développement de **pratiques de contacts réguliers entre les directeurs de CNPE et les directeurs des divisions régionales de l'ASN.**

Au Royaume-Uni, des relations bien organisées entre EDF Energy et l'ONR

Je retiens une relation solide avec l'ONR, dans une healthy tension et un respect mutuel. L'approche retenue par le protocole de 2008, qui définit l'interface nucléaire et réglementaire entre l'autorité de sûreté nucléaire et les directeurs des installations nucléaires d'EDF Energy, permet des **discussions à des niveaux appropriés**. Le processus prévoit des dispositions d'appel en cas de différences d'avis d'experts. Centré sur la confrontation technique, il repose sur **une approche graduée** à quatre niveaux, selon l'importance pour la sûreté. L'ONR reconnaît le SRD au sein d'EDF Energy comme une entité capable de porter une analyse indépendante de sûreté (*internal regulator*).

Plus généralement, je retiens de ce protocole qu'il organise la coordination des actions de contrôle entre l'ONR et l'exploitant, dans le respect des rôles de chacun.

Aux États-Unis

Je note la **capacité des exploitants et de la NRC à travailler ensemble** sur les principaux enjeux de sûreté, chacun dans leur responsabilité. Ainsi, la NRC et l'INPO, qui regroupe les exploitants nucléaires américains, ont progressé sur une compréhension et un langage communs en matière de culture de sûreté. La NRC et le NEI⁵¹, qui regroupe l'industrie nucléaire américaine, ont en outre engagé une démarche dite *cumulative effects*, consistant à prioriser les nombreuses demandes et exigences du régulateur ou les actions propres à l'exploitant, pour mieux maîtriser l'équilibre entre la sûreté au quotidien et dans la durée, en se centrant sur les sujets à enjeux. Je note l'intérêt pour la sûreté d'une telle démarche, permettant aux parties de travailler ensemble et en bonne complémentarité dans un cadre serein.

Dans le cadre post-Fukushima, je rappelle que la NRC a accepté la démarche FLEX, s'appuyant d'une part sur des dispositions matérielles (ajout de matériels mobiles sur site et hors site, avec des dispositions du type de la FARN en France) et organisationnelles (procédures...) pour prévenir et maîtriser des situations ultimes sur toutes les tranches d'un site, d'autre part sur une réévaluation des agressions séisme (engagée depuis plusieurs années) et inondation. Pour les réacteurs en exploitation, je note l'utilisation d'une combinaison des analyses probabilistes et coût-bénéfice, quand elles sont pertinentes, avec des analyses traditionnelles déterministes et au titre de la défense en profondeur. Cette approche est particulièrement utilisée

pour les situations hors du dimensionnement initial réalisé à la conception (démarche risk informed). Je souligne ici l'effort pour prioriser les actions en fonction des risques, illustration d'une approche du risque différente de celle pratiquée en France.

Pour autant, je demeure convaincu du **bénéfice de la pratique des réexamens périodiques de sûreté**, associant examen de conformité et réévaluation de sûreté, approche largement répandue en Europe (examens décennaux en France) mais qui n'est pas celle retenue aux États-Unis.

⁵¹ Nuclear Energy Institute.

MES RECOMMANDATIONS

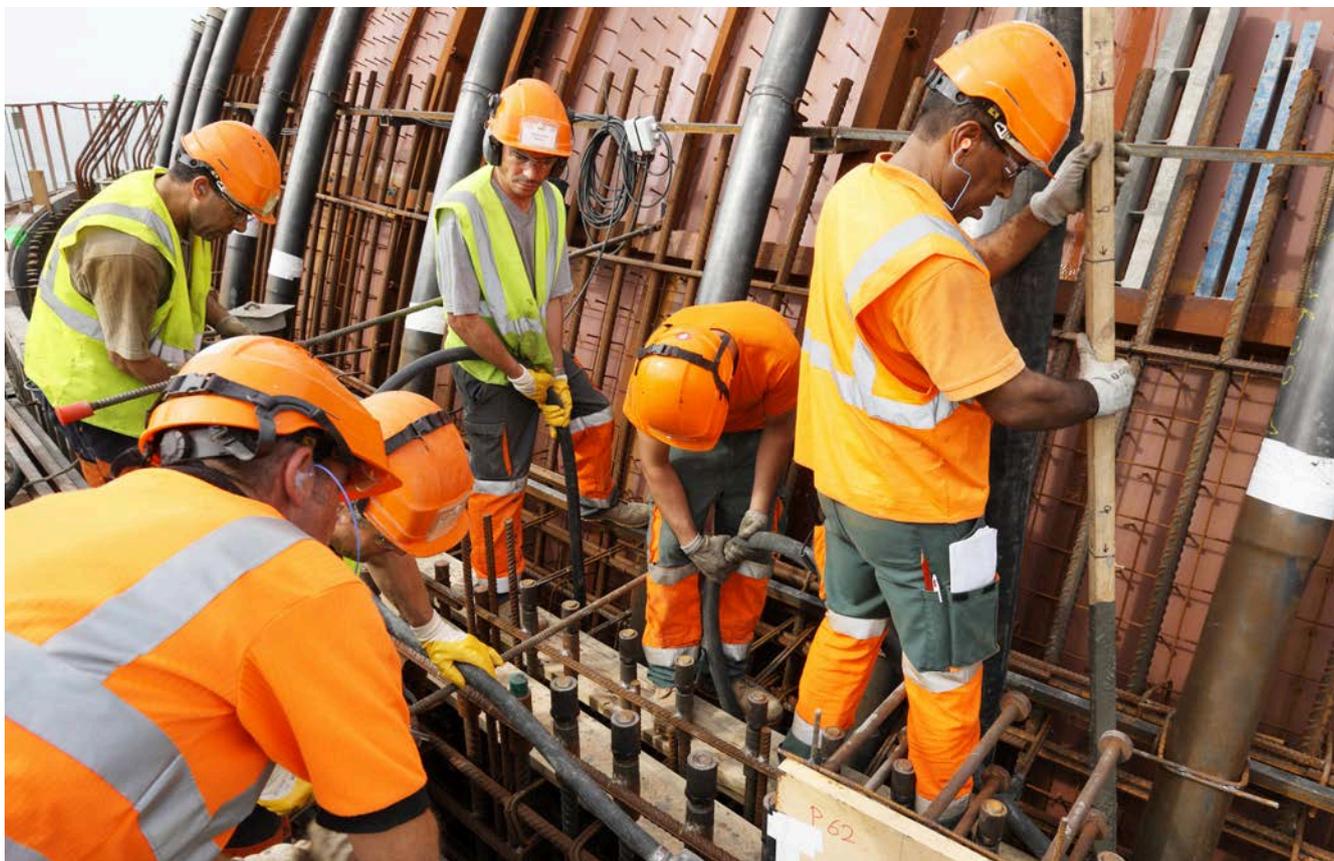
Dans un contexte opérationnel **tendu** par les résultats en arrêts de tranche, le respect d'exigences de sûreté de plus en plus élevées passe par des **confrontations régulières de points de vue croisés** et par la promotion d'attitudes interrogatives. **Je souligne le besoin, à tous les niveaux du Groupe, d'instances de débat consacrées à la sûreté** pour les questions touchant tant à la conception qu'à l'exploitation des réacteurs. **J'invite les managers chargés de ces instances à faire vivre ces principes** et à régulièrement réinterroger le fonctionnement de ces instances.

En France, je considère que **nos managers ne sont toujours pas assez disponibles** pour encadrer, écouter et accompagner leurs équipes. Ils sont également en attente de sens et de visibilité pour mieux relever les nombreux projets et challenges des prochaines années. **J'encourage à prioriser davantage et à faire plus simple** dans la conduite des opérations. **J'invite également les directeurs d'unités à soutenir leurs MPL**, pour faciliter l'exercice de leur mission en les éclairant davantage sur les évolutions à conduire.

Les services chargés du contrôle interne de sûreté doivent rassembler des compétences solides et reconnues. Je relève la fragilité en compétences de conduite des équipes d'inspection sûreté sur les sites d'EDF Energy. **Je recommande d'investir dans ces compétences de conduite, au Royaume-Uni et à EDF SA** dans une moindre mesure. En France, **j'invite à renforcer significativement les compétences issues des métiers de maintenance dans les équipes locales de la FIS.**

La prise en compte des recommandations des EGE et des Peer reviews de WANO constitue un des piliers de l'amélioration continue de la sûreté en exploitation. J'invite les directeurs de sites en France à remobiliser leurs équipes sur cet objectif, dans le cadre de la priorité réaffirmée fin 2013 par la direction du parc.

4/ SÉCURITÉ DU TRAVAIL : LA MOBILISATION DES MANAGERS S'IMPOSE EN FRANCE



Réalisation du dôme du réacteur EPR de Flamanville 3

L'accroissement légitime et continu des exigences dans l'exploitation nucléaire doit également porter sur la protection de la santé physique et morale des salariés et de ceux des entreprises intervenantes.

Malgré une amélioration relative de la sécurité du travail ces deux dernières années, les résultats en France demeurent insatisfaisants et trop éloignés de l'ambition industrielle d'EDF.

En plaçant la sécurité au cœur de la performance industrielle, les managers dégageront de nouveaux leviers pour obtenir des résultats durables.

EN FRANCE, DES RÉSULTATS INSUFFISANTS ET TROP CONTRASTÉS ENTRE LES SITES

Je déplore d'abord que l'année 2013 ait été endeuillée par trois accidents mortels et je considère inacceptables de tels drames.

Je note les actions locales qui ont été engagées, mais je regrette qu'aucune action de grande ampleur n'ait été encore lancée pour **véritablement porter une ambition managériale de zéro accident** pour le parc.

La **dispersion** des résultats **entre sites demeure très importante**, avec un Tf prestataires compris en France entre 1,0 et 9,2 et un taux de fréquence global

(EDF et prestataires) compris entre 1,4 et 7,3. Les bons résultats acquis une année sur de nombreux sites ne sont pas toujours pérennes, ce qui illustre un ancrage insuffisant de la culture de sécurité dans les pratiques et les comportements quotidiens, en phase de préparation comme de réalisation.

EN FRANCE, DES MANAGERS TROP EN RETRAIT SUR LA SÉCURITÉ

Dans les ambitions exprimées par les managers rencontrés sur les sites, la place de la sécurité est beaucoup trop souvent en retrait.

Même si les résultats ont connu une certaine amélioration, je soulignais en 2012 que le retour d'expérience international, au sein même du groupe EDF, mettait en évidence la **nécessité de changer d'ambition**. Je regrette qu'aucune initiative managériale n'ait été entreprise en France pour renforcer, à l'échelle du parc, le partage des pratiques managériales de la sécurité avec EDF Energy.

Je souligne de nouveau l'importance et l'enjeu d'intégrer pleinement la sécurité à la performance globale du parc.

Tout le monde y sera gagnant. Les salariés d'abord, car je considère inacceptable que notre activité d'exploitant nucléaire puisse porter atteinte à l'intégrité physique ou morale des intervenants EDF ou prestataires. Et l'entreprise, car la sécurité est un volet fondamental de la performance globale d'un exploitant nucléaire.

Je rappelle que les comportements en matière de culture de sécurité et de prévention des risques relèvent des **mêmes ressorts que ceux de la culture de sûreté** : rigueur, prudence, attitude interrogative, transparence.

Quand, il y a une vingtaine d'années, la direction d'EDF a voulu porter le management de la radioprotection au niveau du management de la sûreté, l'entreprise a su le faire. C'est une mobilisation de même nature qu'il faut obtenir pour la sécurité du travail.

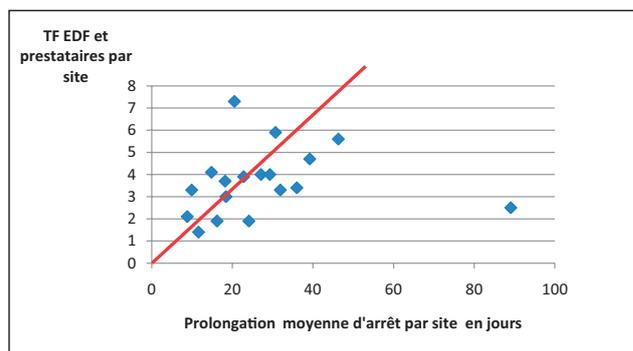
DES PRATIQUES MANAGÉRIALES PERFORMANTES AU ROYAUME-UNI

Les résultats obtenus au Royaume-Uni sur l'ensemble des sites confirment la pertinence d'une **approche managériale** portée de façon continue **du plus haut niveau de l'entreprise aux équipes opérationnelles de terrain**, autour de l'objectif Zero Harm⁵² pour les salariés d'EDF Energy et les prestataires.

Avec un taux de fréquence global (EDF Energy et prestataires) inférieur à 0,7, les résultats de sécurité sont dans le décile supérieur des résultats de l'industrie nucléaire mondiale. L'objectif de zéro accident est régulièrement promu par les responsables opérationnels sur le terrain. L'évaluation des situations de travail en matière de sécurité se fait au regard de la mise en œuvre effective et efficace du déploiement des pratiques de fiabilisation. Les problèmes de sécurité sont intégrés au dispositif de traitement d'écarts et de mesures correctives. Le retour d'expérience permet d'écarter rapidement toute situation en dehors du standard visé. **Ces pratiques de travail sont étendues aux prestataires**.

LA CORRÉLATION ENTRE PROLONGATIONS D'ARRÊTS ET RÉSULTATS DE SÉCURITÉ

La non-maîtrise des arrêts de tranche impacte la sûreté, la radioprotection et aussi la sécurité du travail. On constate une étroite corrélation entre les hauts taux de fréquence et les longues prolongations d'arrêt, quelle que soit la nature des arrêts. Les sites en France qui présentent un taux de fréquence global (EDF et prestataires) supérieur à 4 ont tous des prolongations d'arrêt en moyenne supérieures à 20 jours. Inversement, les sites qui comptent moins de 20 jours de prolongation d'arrêt en moyenne ont tous un Tf global inférieur à 4.



Fréquence des accidents du travail en 2013 (EDF et prestataires) et prolongations moyennes des arrêts de tranche par site

Les directions d'entreprises prestataires rencontrées soulignent **la trop forte disparité entre les sites** pour la place de la sécurité dans le pilotage des arrêts et, plus largement, le portage managérial de la sécurité. J'ai rencontré des **directions d'entreprise qui attendent d'EDF une mobilisation managériale plus résolue et plus ferme pour avancer ensemble sur la sécurité**. Je salue l'initiative d'AREVA Base installée en France, réacteurs et services, de suspendre durant une heure l'ensemble de ses chantiers en France pour la dédier à la sécurité, à la suite d'un accident.

UN RETOUR D'EXPÉRIENCE SUR LA SÉCURITÉ EN ARRÊT DE TRANCHE ENCORE TROP TIMIDE

Le retour d'expérience entre acteurs de l'arrêt, équipes de pilotage des arrêts, intervenants et conduite en quart, est fondamental pour progresser. Je constate malheureusement souvent qu'en fin d'arrêt **le temps d'écoute et de dialogue** entre les acteurs de l'arrêt dans le domaine de la sécurité est trop insuffisant. La **qualité du retour d'expérience** entre arrêts s'en trouve impactée d'autant.

⁵² Zero Harm : programme d'actions d'EDF Energy pour la sécurité, la radioprotection, la sûreté et l'environnement.

Une vie sauvée en bord de piscine

En phase de repli de chantier en bord de piscine, un intervenant se penche, glisse et se prend les pieds dans un câble. Il perd l'équilibre et chute dans la piscine. Il est retenu par son harnais accroché à une ligne de vie amovible. Cette ligne de vie avait été récemment installée après un dialogue étroit entre le CNPE et le prestataire, qui avait été force de proposition. Le respect du port des équipements et protections individuels et cette ligne de vie adaptée à la situation de travail ont permis de sauver une vie. Cet accident rappelle toute l'importance de l'analyse de risques préalable et des attitudes responsables et proactives des prestataires intervenant et du site maître d'ouvrage.

POUR UNE NOUVELLE DYNAMIQUE SUR LA SÉCURITÉ DU CHANTIER EPR

La direction du chantier de Flamanville 3 affiche clairement la place de la sécurité dans ses objectifs, en associant étroitement les directions des entreprises intervenantes. Pour autant les résultats, après une division par 3 du Tf en deux ans, se stabilisent autour d'un Tf de 10 fin 2013, ce qui appelle une nouvelle ambition.

Le chantier se caractérise à présent par la poursuite des montages électromécaniques, **la co-activité entre les entreprises et le début des essais de démarrage**. Avec à la fois des zones en travaux et des zones en essais, les essais de démarrage requièrent un très haut niveau de vigilance. **L'implication croissante de l'exploitant dans les transferts** pour consignation, exploitation provisoire des systèmes élémentaires et mises en gaz (azote, hydrogène...) doit contribuer à consolider une **dynamique forte de prévention des risques** pendant toute la durée des essais de démarrage. J'insiste sur ce point au chapitre consacré à l'EPR (cf. chapitre 8). J'attends de cette **implication anticipée de l'exploitant** une très forte impulsion de la prévention dès la première campagne d'exploitation.

MIEUX INTÉGRER LES FACTEURS HUMAINS ET ORGANISATIONNELS

L'objectif zéro accident doit être associé à une démarche de progression de la prévention, avec sa mesure. J'estime qu'il est important, en France, de mettre davantage **en valeur des éléments positifs en matière de prévention**, comme la détection et l'exploitation des presque-accidents et des signaux faibles ou le partage de pratiques performantes en sécurité.

Je constate avec satisfaction une **plus grande remontée des signaux faibles et des analyses de presque-accidents**. L'exploitation des remontées de terrain sur les presque-accidents peut être une source majeure de progrès pour la prévention, donc la sécurité, mais les consultants facteurs humains sont trop rarement associés aux analyses d'accidents ou de presque-accidents. J'ai noté sur un site une analyse intéressante menée par le consultant facteur humain avec les opérationnels, sur le retour d'expérience des activités de consignations et déconsignations en arrêt. Quand les activités sont très nombreuses et l'organisation fragile, il y est constaté un risque de désynchronisation en temps réel, entre la structure de pilotage des arrêts et les activités de conduite en quart, en charge des retraits d'exploitation et de la délivrance des consignations pour intervention. Un tel risque peut avoir une conséquence directe sur la sécurité des intervenants sur les chantiers.

Les **facteurs humains et organisationnels** sont souvent des causes profondes dans les événements de sécurité : les pratiques de fiabilisation contribuent à améliorer la prévention. Je confirme l'importance de l'analyse de risques, de la minute d'arrêt, du *pré-job briefing*. Je souligne à nouveau l'apport du débriefing, de la remontée des signaux faibles et des précurseurs et l'enjeu du retour d'expérience. **Les temps d'écoute et de dialogue avec les intervenants**, en préparation et en fin de chantier, en début, en cours et en fin d'arrêt de tranche, sont **des investissements incontournables pour progresser**.

Le travail de simplification des dossiers d'intervention doit être mis à profit par les sites pour redonner tout son sens à l'analyse de risques et aux parades pour intervenir en toute sécurité.

J'estime ainsi qu'une **revalorisation positive des pratiques de fiabilisation** est de nature à permettre à l'intervenant de se situer lui-même, avec efficacité et en toute sécurité, dans son environnement de travail.

CE QUI EST GAGNÉ EN SÉCURITÉ CONTRIBUE À LA SÛRETÉ

Je considère que les démarches pour la sécurité ont une **incidence directe sur la sûreté et la radioprotection**. Le temps de débriefing, d'écoute et de dialogue consacré à la sécurité concerne souvent directement le vécu des intervenants au regard d'une situation à risque. Consacrer du temps à ce dialogue avec les intervenants exposés au risque, **crée les conditions favorables à un débriefing plus large** sur les conditions techniques d'intervention, les sources de non-qualités, les propositions d'amélioration des modes de travail.



Intervention en zone contrôlée

DES ÉQUIPES DE PRÉVENTION MOTIVÉES

J'ai rencontré des équipes des services de prévention des risques (SPR) **engagées et motivées**. Les démarches pour responsabiliser par bâtiments les opérationnels dans la tenue et la sécurité des installations, avec des visites régulières sur le terrain, intermétiers et interprestataires, constituent des bonnes pratiques. Elles favorisent les regards croisés, le partage d'expérience et l'émulation collective entre tous les métiers en matière de prévention et de sécurité. L'appui des équipes de prévention pour l'animation de telles démarches est une condition du succès.

SIR, DES ÉQUIPES MATURES

Parmi les acteurs de la prévention, les équipes des SIR⁵³ jouent un rôle important. Je note qu'elles exercent pleinement leurs responsabilités et leur droit d'alerte auprès des directions locales. **Je me félicite du renforcement de l'animation de ces métiers** avec l'appui du Pôle Compétences Conseil et de l'UNIE. Cela contribue à donner de la lisibilité sur le contenu de ces métiers, et les parcours professionnels associés, notamment dans la prévention et dans les métiers de mécanique, robinetterie et chaudronnerie.

Le Service d'Inspection Reconnu SIR

La reconnaissance d'un service d'inspection par l'administration autorise un établissement industriel à définir pour ses équipements sous pression, la nature et la périodicité des inspections et des requalifications. L'objet de la reconnaissance porte sur l'organisation, l'indépendance par rapport aux services métiers de conduite et de maintenance, la compétence et l'autorité du service d'inspection. La connaissance de la fabrication, de l'historique d'exploitation, de l'état des équipements sous pression et des phénomènes de dégradation associés permet au SIR de définir les conditions de mise en service et de suivi de ces équipements.

Le SIR s'appuie sur les guides professionnels relatifs à l'élaboration des plans d'inspection et approuvés par les ministres. Il peut, si nécessaire, préconiser l'arrêt, la non-remise en service ou l'adaptation des conditions de service.

Ce dispositif permet à l'exploitant d'assurer un suivi rigoureux et permanent de ses équipements sous pression. Il exerce ainsi pleinement sa responsabilité, en aménageant de façon optimale les actions d'inspection garantissant la sécurité des équipements sous pression, et celle du personnel.

EN FRANCE, UNE PRISE EN COMPTE INSUFFISANTE DU RISQUE LIÉ AUX ADDICTIONS

La prévention des risques liés à l'alcool a bien progressé en France sur les sites, même si les mesures de prévention et de détection demeurent très hétérogènes. Je m'étonne de constater encore des sites où les contrôles ne sont pas effectifs. De plus, la **prévention vis-à-vis d'autres addictions**, notamment celles relatives aux stupéfiants **demeure très limitée**.

Au Royaume-Uni, EDF Energy dispose depuis plusieurs années d'une directive interne qui rappelle le risque potentiel de l'alcool et des drogues illégales, pour la santé des personnes sous l'emprise de telles addictions et aussi pour leurs collègues et le public. Cette directive précise les standards, les responsabilités de chacun, les dispositions préventives et les tests ainsi que les modalités de traitement et d'accompagnement en cas de test positif. Le nécessaire renforcement de la prévention vis-à-vis du risque addictif est un **sujet sensible sur le plan sociétal**. Au regard des risques potentiels pour la sécurité des personnes et la sûreté nucléaire, et de l'évolution du risque addictif dans la société, j'estime que l'entreprise doit prendre de nouvelles initiatives pour diminuer le niveau de

⁵³ Service d'Inspection Reconnu.

risque dans ses installations. Ces initiatives doivent être prises par **la direction**, en liaison étroite **avec toutes les parties prenantes concernées**, médecins, représentants du personnel, directions d'entreprises intervenantes, filière ressources humaines, pouvoirs publics.

J'invite au rapprochement avec d'autres entreprises confrontées à des situations similaires telles que les sociétés de transport et autres industries à risques.

Les actions à engager doivent concerner de façon prioritaire la prévention, mais pas seulement. La capacité à ouvrir une nouvelle perspective d'intégration professionnelle peut ainsi constituer une piste pour traiter une situation addictive constatée, mettant en péril la personne elle-même et son entourage professionnel.

MES RECOMMANDATIONS

J'encourage à placer le management de la sécurité au même degré de mobilisation managériale que la radioprotection et à y associer étroitement les entreprises prestataires.

J'appelle **les directeurs des sites les plus en retrait** par leurs résultats de sécurité à engager des actions **en valorisant toutes les pratiques et initiatives en matière de prévention et de fiabilisation des interventions.**

Je recommande de placer la sécurité comme une priorité pour les arrêts de tranche et pour le Grand carénage, **en associant étroitement les prestataires dès la préparation**, sur les conditions de sécurité des chantiers.

Je recommande vivement aux managers français de **mettre à profit le savoir-faire d'EDF Energy.**

J'invite enfin la direction du Groupe à **se saisir de la question de la prévention du risque addictif.** De nouvelles initiatives concrètes sont à engager avec l'ensemble des parties prenantes.

5/ RADIOPROTECTION : UNE NOUVELLE DYNAMIQUE À ENGAGER



Contrôles à l'entrée d'un bâtiment réacteur

Les efforts pour diminuer la dosimétrie individuelle portent leurs fruits.

En France, l'insuffisante maîtrise de la dose collective en arrêt de tranche et l'augmentation des événements significatifs de radioprotection (ESR) en zones orange mettent en évidence la nécessité d'un retour aux fondamentaux de la radioprotection. Les actions engagées pour faciliter le travail de l'intervenant en zone contrôlée sont propices à ce retour. Le Grand carénage est une opportunité pour engager une nouvelle ambition ALARA⁵⁴ et mobiliser les entreprises prestataires.

Au Royaume-Uni, la diminution des entrées dans les caissons réacteurs des AGR contribue à réduire la dose collective.

⁵⁴ As Low As Reasonably Achievable.

LES INDICATEURS

La dose individuelle s'améliore

En France, sur douze mois glissants, tout au long de l'année, aucune personne n'a été exposée à plus de 16 mSv. Le nombre de personnes exposées à plus de 14 mSv a été de 8 en 2013 (20 en 2012).

Fin 2013, le nombre de personnes exposées au cours de l'année à plus de 10 mSv était de 385 (263 à fin 2012).

Au Royaume-Uni, la dose individuelle maximale a été de 4,62 mSv (8,18 mSv en 2012).

Je souligne ces bons résultats et confirme tout l'intérêt de **continuer activement à travailler avec les entreprises prestataires** dont les salariés ont des dosimétries individuelles élevées, ou qui interviennent sur des chantiers dosant ou à risque : nettoyage industriel, examens non destructifs, calorifugeage, robinetterie, soudure, logistique nucléaire. Je note que la dose individuelle de ces ressources, parfois rares, peut être lourdement impactée par la prolongation des arrêts de tranche.

Une difficile maîtrise de la dose collective en France

Pour la dose collective, je note le franchissement de l'objectif annuel dès octobre. La dose collective fin 2013 atteint 0,79 hSv/tr pour un objectif de 0,74 hSv/tr. La prolongation moyenne de plus de vingt-six jours pour les 49 arrêts réalisés en 2013 explique en partie le dépassement de la dose collective. Je note aussi le fort impact d'aléas rencontrés sur les arrêts de tranche (soudures des remplacements de mécanismes de commande des grappes, remplacement des chaufferettes sur les pressuriseurs) et une sous-estimation de la dose collective due aux activités nouvelles. **La maîtrise des arrêts de tranche est aussi un enjeu de radioprotection**, comme elle l'est pour la sûreté et la sécurité.

ASR et VP : des écarts entre la dose collective prévisionnelle et la dose réalisée à analyser

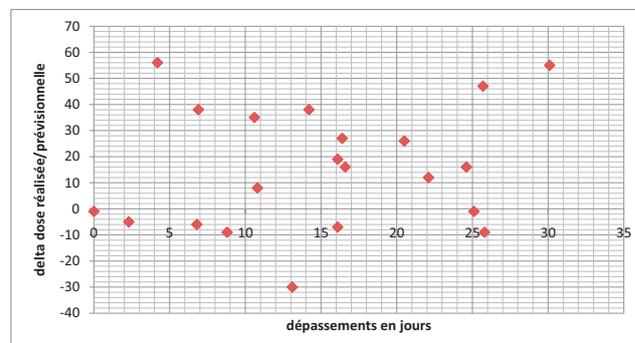
Je relève également une **très forte dispersion** entre la dose collective **prévisionnelle et celle réalisée** pour les ASR (arrêts à simple rechargement), avec un nombre réduit d'activités, théoriquement mieux maîtrisées. Pour les 21 ASR de 2013, la différence entre le prévisionnel et le réalisé varie entre - 30 % et + 56 %. Déjà en 2012, l'écart était de - 2 % à + 65 %. Pour les arrêts avec le plus grand nombre d'activités, les variations relatives entre le prévisionnel et le réalisé sont en 2013 plus faibles : -17 % à + 55 % pour les visites partielles (VP), 0 % à + 16 % pour les visites décennales (VD). Pour mémoire, les doses collectives varient de 1 à 3 entre les ASR (0,30 hSv) et les VP (autour de 0,90 hSv) et doublent entre les VP et les VD (autour de 1,80 hSv).

| | ASR | VP | VD |
|-------------|-------------------|------------------|------------------|
| 2013 | 0,27 (pour 21 AT) | 0,92 (pour 17VP) | 1,90 (pour 5 VD) |
| 2012 | 0,30 (pour 21 AT) | 0,91 (pour 19VP) | 1,62 (pour 6 VD) |
| 2011 | 0,29 (pour 24 AT) | 0,67 (pour 17VP) | 1,92 (pour 9 VD) |

Dose moyenne par type d'arrêt tous paliers confondus, en hSv
Les prolongations d'arrêt n'expliquent pas tous les écarts entre le prévisionnel et le réalisé pour la dose collective. Les deux tiers des ASR sont en écart très significatif, dans les deux sens, et sans corrélation avec la prolongation de l'arrêt.

J'estime en conséquence que la **dispersion** entre la dose collective prévisionnelle et celle réalisée par arrêt, pour les ASR et les VP, **requiert un examen plus approfondi**, avec tous les acteurs concernés, EDF et prestataires. J'invite à établir d'abord ce qui relève de la maîtrise du terme source et de l'évolution du périmètre d'activité dans l'arrêt, en dégageant ce qui relève du fortuit et du

défaut de préparation (« faux fortuit »). Puis en matière de radioprotection, ce qui relève de la non-maîtrise des fondamentaux. J'estime qu'une telle analyse est de nature à ouvrir de nouvelles pistes dans la maîtrise des arrêts de tranche, dans la phase de préparation comme de réalisation.



ASR 2013 : Écart dose collective prévisionnelle - réalisée (%)
/ Jours de prolongation d'arrêt

Poursuite de la diminution de la dose collective au Royaume-Uni

Au Royaume Uni, la dose collective (0,86 hSv), est inférieure à l'objectif 2013 (0,99 hSv). La réduction des niveaux d'exposition au cours des quatre dernières années résulte d'une diminution du nombre d'entrées dans les caissons réacteurs de Hinkley Point B et de Hunterston B, due à une meilleure caractérisation et une maîtrise des phénomènes de fissuration sur les échangeurs.

Les zones orange et rouge

Zone orange : débit d'exposition de 2 mSv/h à 100 mSv/h. La zone fait l'objet d'un balisage spécifique. L'accès fait l'objet d'une autorisation spéciale.

Zone rouge : débit d'exposition au-delà de 100 mSv/h. L'accès est interdit et condamné par deux clés différentes. L'autorisation exceptionnelle d'accès pour des raisons d'exploitation peut être délivrée par le chef d'établissement suivant un protocole *ad hoc*.

La limite réglementaire annuelle pour le corps entier est de 1 mSv pour le public, 6 mSv pour le personnel de catégorie B, 20 mSv pour le personnel de catégorie A.

Des événements significatifs qui alertent en France

En France, sur 116 événements significatifs de radioprotection en 2013 (114 en 2012), je dénombre 2

ESR zone rouge (4 en 2012), 11 ESR tirs radiographiques (12 en 2012) et 38 ESR zone orange (30 en 2012).

Je note également l'augmentation des ESR concernant les sources radioactives (8 en 2013, 7 en 2012) et 1 ESR de niveau 2 sur l'échelle INES à Blayais suite à la contamination externe d'un prestataire intervenant dans une activité de brossage.

Je note une diminution des événements zone rouge et l'engagement d'un plan d'actions pour les tirs radiographiques mais je constate **une dégradation notable pour les zones orange** malgré l'alerte exprimée en 2012 sur ces types d'événements.

J'attire de nouveau l'attention sur le défaut de signalisation et le non-respect des conditions d'accès ou de séjour dans une zone spécialement réglementée ou interdite qui demeurent la source principale des ESR.

La dispersion entre les sites reste trop importante (de 0,5 à 5,5 ESR par tranche) : j'estime qu'elle est révélatrice d'une **fragilité dans la rigueur de la détection et du traitement des ESR**. Cette fragilité impacte directement la qualité du retour d'expérience en matière de radioprotection.

Tout en relevant que l'Inspection Nucléaire constate une amélioration de la conformité des processus de travail des sites en matière de radioprotection, je note la persistance du nombre élevé d'ESR et de la dispersion des résultats entre sites. J'invite à réinterroger le niveau d'exigences ainsi que l'appropriation et la robustesse sur le terrain des pratiques effectives de radioprotection, dans la perspective du Grand carénage.

Un événement au niveau INES 3 en Allemagne

Le retour d'expérience national et international rappelle l'importance à accorder au risque d'exposition lié aux tirs radiographiques. Un événement a été classé au niveau 3 de l'échelle internationale INES en Allemagne, en 2013, dans une raffinerie à Lingen, lors de l'utilisation d'un matériel défaillant pour des tirs radiographiques. La dose corps entier engagée a été de 75 mSv, pour une limite réglementaire fixée à 20 mSv, et la dose engagée sur la peau a été estimée entre 10 000 et 30 000 mSv, pour une limite réglementaire fixée à 500 mSv.

ANTICIPER LES PROGRAMMES POUR FACILITER LA DÉMARCHE ALARA

Les comités ALARA demeurent des outils fondamentaux pour déployer cette démarche dans les phases de

préparation des arrêts. Je note cependant que la maîtrise de la dosimétrie en arrêt de tranche nécessite **d'identifier le plus en amont possible les activités de maintenance ou de modification**. Le respect du jalon J0- 4 mois pour le programme définitif des activités est très important pour la radioprotection.

J'apprécie le travail approfondi déjà engagé entre le CNPE de Paluel et le CIPN sur les **RGV 1 300**⁵⁵ qui constituent un **enjeu dosimétrique important** pour les prochaines VD3 sur ce palier, à partir de 2015. Je salue également l'important travail de préparation réalisé depuis plusieurs années par la DIN, le CNPE et les prestataires pour diminuer la dosimétrie lors du renforcement en 2013 des deux radiers de Fessenheim.

L'épaississement du radier des deux réacteurs de Fessenheim

Pour autoriser la poursuite de l'exploitation de Fessenheim au-delà de la VD3, l'ASN avait prescrit le 4 juillet 2011 de renforcer le radier des deux bâtiments réacteurs. La modification finale a consisté à l'épaissir de 50 cm dans le puits de cuve et dans un local périphérique pour permettre l'étalement d'un éventuel corium en cas d'accident grave.

Dans une ambiance d'intervention de 3 mSv/h et de 30 mSv/h au contact, la radioprotection et l'approche ALARA ont été intégrées dès les premières phases d'études, notamment dans le choix des procédés. Les premières études réalisées en 2005 conduisaient à une première estimation de 0,28 hSv, sur un périmètre restreint, circonscrit au puits de cuve, pour la dose collective de l'ensemble des intervenants. Le choix d'un béton auto-plaçant et l'automatisation des phases les plus dosantes ont permis de limiter le temps d'exposition. Une maquette à l'échelle 1 a servi à affiner les temps d'intervention et à préparer les gestes à réaliser.

Le prévisionnel pour la dose finale pour le puits de cuve et la zone d'étalement complémentaire était de 0,096 hSv pour la tranche 1. Le réalisé s'est établi à 0,101 hSv. Pour la tranche 2, le prévisionnel était de 0,055 hSv. Le réalisé s'est établi à 0,041 hSv en bénéficiant du retour d'expérience de la tranche 1. Ces résultats sont à mettre à l'actif du travail de qualité réalisé par le CIPN, le CNPE de Fessenheim et les entreprises prestataires intervenantes.

En 2012, j'estimais que la voix de la radioprotection devait être davantage entendue, en phase de préparation, de réalisation et de retour d'expérience des arrêts de tranche. Je vois sur les sites des situations évoluer dans un sens favorable, avec une meilleure prise en compte

⁵⁵ Remplacement des Générateurs de Vapeur des réacteurs 1 300 MWe.

de la radioprotection dans les phases de préparation, mais cela reste très fragile. La prise en compte de la radioprotection constitue un levier pour identifier le plus en amont possible le programme des interventions, fixer les programmes au plus tôt et ne laisser la place qu'au vrai fortuit incontournable au regard des seules exigences de la sûreté temps réel.

MIEUX INTÉGRER LES PROGRAMMES D'ASSAINISSEMENT SUR LE LONG TERME

Je note l'important travail entrepris par la DIN et la DPN pour établir des programmes d'assainissement ciblés à fort enjeu dosimétrique. **L'approche coûts-bénéfices** déployée, met notamment en valeur notamment les doses évitées pour les ressources rares. Je regrette cependant que les programmes d'assainissement prévus en 2013 n'aient pas été pleinement réalisés et je note la très grande difficulté à les intégrer dans les programmes pluriannuels des sites.

L'intégration des programmes d'assainissement des tranches fait partie de la programmation pluriannuelle et constitue un des éléments clés de la **maîtrise de la dose collective par une diminution du terme source**. Il est important que les sites se saisissent pleinement de ce levier, le plus en amont possible, et l'intègrent dans leurs démarches ALARA.

UN RETOUR D'EXPÉRIENCE À DÉVELOPPER AVEC LES PRESTATAIRES

Comme en sécurité, le retour d'expérience en fin d'arrêt de tranche reste trop partiel et souvent beaucoup trop tardif. **Le temps de dialogue et de débriefing** avec les prestataires en sortie d'arrêt est trop court pour permettre un retour d'expérience approfondi. Les prestataires que je rencontre régulièrement sont **demandeurs d'un échange renforcé** en fin d'activité ou en fin d'arrêt, pour faire remonter le retour d'expérience, notamment pour diffuser les meilleures pratiques de radioprotection. Ce retour d'expérience devrait être **une source motrice d'innovation et d'industrialisation** de nos méthodes et procédés.

UN DÉPLOIEMENT TROP LENT DES POSTES DE SUPERVISION PRÉVENTION DES RISQUES EN FRANCE

J'ai noté avec satisfaction la décision de déployer les postes de supervision prévention des risques (PSPR). Je regrette cependant la lenteur de ce déploiement, le dernier site devant être équipé en 2018. Or ces nouveaux outils représentent une avancée majeure dans les conditions de

travail, comme je peux le mesurer lors de mes visites de sites déjà équipés dans le Groupe.

FACILITER LA VIE DE L'INTERVENANT EN ZONE CONTRÔLÉE

Plusieurs initiatives visent à faciliter la vie de l'intervenant en zone contrôlée : simplification du dossier d'intervention, rapprochement des appuis logistiques et radioprotection, sens retrouvé de l'analyse de risques. Des conditions et un environnement de travail améliorés ne peuvent **qu'accroître la sérénité des intervenants en zone contrôlée** et leur permettre de revenir sur le strict respect des fondamentaux de radioprotection.

Je rencontre sur les sites des équipes radioprotection et des Personnes Compétentes en Radioprotection (PCR) toujours très impliquées et motivées. Le rapprochement engagé avec les équipes de logistique contribue à faciliter le travail de l'intervenant, notamment en arrêt de tranche. La dynamique autour du Grand carénage dans lequel s'inscrit cette action va amplifier cet appui.

Je maintiendrai une attention forte sur la réalité des dispositions effectivement prises par les sites pour augmenter le temps métal et favoriser l'appui logistique en zone contrôlée.



Habillage en tenue étanche ventilée en zone contrôlée

EVEREST⁵⁶ : UNE DÉMARCHE QUI DOIT TROUVER UN RYTHME DE DÉPLOIEMENT RÉALISTE

EVEREST constitue une **démarche vertueuse** pour piéger la contamination à la source et diffuser les meilleures pratiques de travail en matière de propreté radiologique et de prévention de la contamination. C'est une pratique **largement développée à l'international**. Un retour d'expérience approfondi a été mené sur les premiers sites ayant déployé en France cette démarche. Il me paraît très important de bien dégager ce qui relève

⁵⁶ Evoluer VERs une Entrée Sans Tenue universelle (projet de reconquête de la propreté radiologique).

des activités courantes tranche en marche, des activités exceptionnelles en arrêt de tranche, et de **bien prendre en compte le vécu des intervenants** et leurs conditions de travail. Je demeure confiant dans cette démarche qui doit trouver son rythme de déploiement progressif, site par site, en association étroite avec les parties prenantes dont l'ASN, en se plaçant d'abord du côté de l'intervenant et de son environnement de travail.

UN RETOUR D'EXPÉRIENCE POSITIF SUR LES SOURCES COLLIMATÉES AU ROYAUME-UNI

Je souligne à nouveau la poursuite des progrès dans le déploiement de sources collimatées au Royaume-Uni, qui a réduit significativement les zones impactées par les tirs radiographiques. EDF Energy dispose de références internationalement reconnues dans ce domaine. Je me félicite d'un début de prise en compte de cette bonne pratique en France.

MES RECOMMANDATIONS

J'estime nécessaire de **renforcer la présence managériale sur le terrain** pour veiller au strict respect des exigences réglementaires portant sur les limites de zones et, plus largement, au **respect des fondamentaux en radioprotection**. J'encourage aussi à homogénéiser les pratiques des sites pour la détection et le traitement des ESR.

Le renforcement du retour d'expérience radioprotection en sortie d'arrêt de tranche est une source d'amélioration reconnue. J'invite à **y impliquer beaucoup plus largement les prestataires**. De plus, je recommande **une analyse détaillée des causes des dispersions** trop importantes entre le prévisionnel et le réalisé **pour la dose collective en arrêt de tranche**.

La maîtrise des doses passe par la réduction du terme source. J'invite donc les directions des sites, avec l'appui de leurs comités ALARA, à **intégrer l'assainissement des tranches dans les programmes pluriannuels de travaux**.

De nouvelles solutions industrielles performantes en matière de radioprotection contribuent à **l'amélioration des conditions de travail et à la sérénité des intervenants en zone contrôlée**. Je recommande avec insistance à tous les acteurs industriels impliqués dans le Grand carénage **de proposer des solutions innovantes** et de déployer **les meilleures solutions déjà disponibles**. Dans ce cadre, je considère qu'**EDF SA, maître d'ouvrage, doit jouer un rôle plus moteur**.

6/ MAINTENANCE : RECONQUÉRIR LES FONDAMENTAUX POUR LE GRAND CARÉNAGE



Centrale nucléaire de Blayais, chantier de remplacement des générateurs de vapeur

La perspective du Grand carénage, associant remplacement de matériels et amélioration des installations en lien avec les réexamens décennaux de sûreté ou l'accident de Fukushima, constitue un grand défi industriel pour la sûreté en exploitation.

Reconquérir les fondamentaux des métiers de la maintenance est une des conditions majeures et urgentes pour réussir à réduire les non qualités de maintenance et maîtriser la durée des arrêts de tranche qui perdurent à un niveau trop élevé.

L'engagement des managers tant dans la préparation que dans la réalisation des activités est un facteur clé de succès.

LES MÉTIERS DE MAINTENANCE ET LEURS PERFORMANCES

En France, comme je le mentionnais en 2012, la maintenance est un domaine stratégique au regard des enjeux de sûreté et du patrimoine. Les métiers de maintenance sur sites doivent s'adapter à **de nombreuses évolutions**. Tout en ayant chacune du sens, elles induisent une charge importante et peuvent rendre difficiles le positionnement et le comportement de certains acteurs, y compris dans la ligne managériale, s'ils ne disposent pas d'une boussole pour les guider :

- la mise en œuvre du SDIN,
- la standardisation des méthodes pour un palier,

- la méthode AP 913 pour renforcer la fiabilité des matériels et la performance des systèmes, structurante aussi pour l'ingénierie sur site,
- la réduction du volume de maintenance,
- le pilotage des arrêts de tranche, la contribution au pluriannuel,
- la responsabilité plus affirmée de la maintenance à la requalification des matériels, en termes d'analyses de suffisance et de risques,
- l'intégration des activités de maintenance du domaine de l'IPE⁵⁷ sur site,
- le processus pièces de rechange,

⁵⁷ Ingénierie du Parc en Exploitation.

- le renouvellement des compétences (préparateurs, chargés de surveillance...) qui a été plus tardif que pour la conduite.

Si les chefs de services m'ont paru plus à l'aise face à tous ces changements, j'ai rencontré des MPL en difficulté pour intégrer ces évolutions, gérer les priorités et les porter sur le terrain : expliquer le sens, être plus centré sur le respect des exigences, promouvoir la rigueur dans le contrôle, donner les moyens de mieux maîtriser le geste professionnel.

Il faut aller plus loin dans le renforcement de l'efficacité des organisations, la mise en œuvre des processus de travail, la professionnalisation collective et individuelle (ingénierie, exploitation et prestataires), dans un contexte de fort renouvellement des compétences. Cette dynamique doit constituer une priorité managériale au bénéfice de la sûreté. **Chacun des maillons de la chaîne de la maintenance doit être renforcé** : préparation, pièces de rechange, procédés, réalisation - contrôle - surveillance, requalification, retour d'expérience.

Au Royaume-Uni, EDF Energy dispose d'une marge de progrès significative pour rejoindre les meilleures performances internationales en matière de **fiabilité des matériels**, en lien avec la sûreté : niveaux élevés du nombre d'arrêts d'urgence réacteur et de l'indisponibilité fortuite. Je recommande que des objectifs plus ambitieux sur ces deux thèmes soient définis par la direction d'EDF Energy et qu'une réelle dynamique soit créée pour progresser plus vite sur l'AP 913 et aboutir au bénéfice de la fiabilité des matériels.

Il est essentiel que la maintenance réalisée par les salariés d'EDF Energy ou par les prestataires soit effectuée de manière plus professionnelle. Face aux problèmes récurrents sur les installations, comme les fuites répétées, les métiers de maintenance doivent être proactifs dans leur démarche de correction et utiliser l'expérience d'exploitation locale et internationale pour réviser les pratiques de maintenance, remplacer les équipements ou recommander des modifications sur les tranches. Cette démarche doit intégrer le renouvellement du personnel interne et des prestataires, souvent jeunes. Je souligne la qualité de la formation en maintenance des apprentis d'EDF Energy réalisée sur le site HMS Sultan⁵⁸ que j'ai visité. Cette bonne pratique gagnerait à s'étendre à la formation du personnel de conduite.

En matière de leadership, le pilotage du programme de maintenance est exercé au niveau du parc : je recommande de s'assurer de l'application uniforme des processus par les centrales.

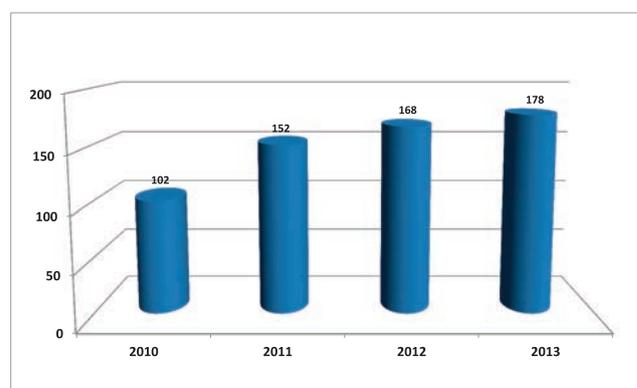
Aux États-Unis, je salue l'engagement de CENG, dans le cadre des études des exploitants américains en vue d'un éventuel deuxième renouvellement de licence (au-delà

⁵⁸ Her Majesty's Ship Sultan, base de formation de la Royal Navy.

de 60 ans d'exploitation), d'un travail sur le vieillissement des matériaux et des matériels à Ginna et Nine Mile Point, parmi les plus anciennes centrales nucléaires des États-Unis. Réalisé dans le cadre du programme LWRS⁵⁹ du DOE⁶⁰, avec des laboratoires nationaux dont Idaho National Laboratory et l'EPRI⁶¹, ce travail devrait fournir des informations pertinentes pour la cuve et ses internes et pour les enceintes de confinement. Plus globalement, compte tenu de l'intérêt du programme LWRS pour la durée de fonctionnement, je note qu'il est effectivement suivi par EDF R&D en lien avec la DPI dans les instances ad hoc : vieillissement des matériaux, contrôle-commande et instrumentation, technologies virtuelles innovantes, caractérisation des marges de sûreté selon une approche risk informed (méthodes et outils).

Je retiens en outre de mes visites qu'il convient de renforcer significativement l'attention à la fiabilité des composants et au traitement de leur vulnérabilité. **Je note que des problèmes récurrents ne sont pas traités avec suffisamment de robustesse** et que les stratégies provisoires peuvent être peu efficaces et trop perdurer dans l'attente de la solution définitive. La fissuration dans le coupleur d'une pompe d'alimentation des générateurs de vapeur sur un site (à l'origine d'un arrêt d'urgence manuel en 2013) illustre le besoin de renforcer la maintenance prédictive et préventive, en particulier sur le circuit secondaire des installations. De plus, **le partage du retour d'expérience entre les sites de CENG sur les événements matériels ou d'exploitation gagnerait à être développé**, au bénéfice de la sûreté. Je note un planning d'arrêt de tranche figé à J0- 6 mois, ce qui est un élément favorable à une bonne préparation.

LES NON-QUALITÉS DE MAINTENANCE EN FRANCE : UNE SITUATION QUI DOIT CHANGER



En 2013, le nombre d'événements significatifs pour la sûreté (ESS) de niveau 0 et 1 sur l'échelle INES, associés aux

⁵⁹ Light Water Reactor Sustainability Program.

⁶⁰ Department Of Energy.

⁶¹ Electric Power Research Institute.

non-qualités de maintenance et d'exploitation (NQME), reste à un niveau élevé et représente environ 50 % des ESS, sans amélioration par rapport à 2012. Je note le nombre élevé d'ESS liés aux activités de maintenance : 3 par réacteur soit **une augmentation de 80 % en trois ans**. Tous les métiers sont concernés : chaudronnerie, robinetterie, mécanique, électricité et, dans une moindre mesure, automatismes. Les principaux systèmes impactés sont ASG, RCV⁶², RIS, RCP⁶³, RPN⁶⁴, LLS⁶⁵. Les progrès à réaliser concernent tout autant les interventions d'EDF SA que celles des prestataires qui réalisent près de 80 % des travaux. Chaque phase est affectée, de la préparation de l'intervention jusqu'au geste technique.

Je retiens à ce propos les écarts vis-à-vis de la tenue au séisme de robinets qualifiés, concernant le freinage de la visserie ou le montage des flexibles d'alimentation en air. Leur nécessaire remise en conformité a des conséquences notables sur la dose engagée par les intervenants. Ils sont emblématiques de problèmes récurrents et foisonnants ainsi que d'une attention à accorder en exploitation vis-à-vis des agressions externes. J'ai bien noté la démarche plus globale engagée sur ce sujet à la DPN. Je souligne également l'importance à accorder par les sites et par l'ingénierie de la DIN, à l'actualisation, à la qualité du référentiel « recueil des prescriptions aux matériels qualifiés » et à la rigueur à attacher à sa bonne application, y compris pour les pièces de rechange.

Cette situation traduit **une faiblesse des lignes de défense de la maintenance : en premier lieu l'analyse de risques** qui incarne la qualité et la robustesse de la préparation. J'insiste également sur les pratiques de fiabilisation, toujours pas au niveau dans la phase réalisation, y compris chez les prestataires, avec toutefois une plus grande attention pour les interventions tranches en marche qu'en arrêts de tranche. Le contrôle technique, la requalification et le retour d'expérience (REX) demeurent également fragiles. La réduction des non-qualités de maintenance nécessite une vision et une action intégratrice, de l'amont (préparation) à l'aval (requalification, REX), des leviers de la culture de sûreté. J'attire l'attention sur l'importance de la formation à la sûreté-qualité des intervenants et je me félicite de la rénovation en cours. Si je mesure bien la difficulté de l'exercice du métier sur le terrain, je veux souligner le soin à accorder à la préparation des activités de maintenance, pour anticiper les conséquences des choix techniques, des procédés et des mises en situation afin d'éviter les gestes techniques mal maîtrisés.

⁶² Circuit auxiliaire de contrôle volumétrique et chimique du circuit primaire principal.

⁶³ Circuit primaire principal.

⁶⁴ Instrumentation de mesure de la puissance nucléaire du réacteur.

⁶⁵ Turboalternateur d'ultime secours.

Je salue enfin la démarche engagée en 2013 au titre du **projet Maîtrise de la qualité de maintenance et d'exploitation (MQME)** au plan national DPN, avec la DIN et les prestataires. Son calage (diagnostic et plans d'actions) me semble en ligne avec mes observations. Deux conditions de réussite doivent être réunies : d'une part des axes de progrès davantage portés en mode projet par les managers sur les sites, notamment en arrêt de tranches, d'autre part un appui et un accompagnement forts des unités nationales.

Je soutiens également l'action visant à simplifier les dossiers d'intervention, adapter le contenu et la forme, les centrer sur les enjeux et les orienter vers les besoins des intervenants en lien avec leurs compétences (fiche intervenant). Tout en mesurant le travail à réaliser, j'estime que l'application devrait se faire dès que possible à des activités sensibles pour en mesurer le bénéfice.

AJUSTER LES VOLUMES DE MAINTENANCE ET PRÉSERVER LA SÛRETÉ

Je note les priorités 2014 accordées à la sûreté et à la maîtrise des arrêts de tranche ainsi que la demande de la direction de la DPN pour ajuster le volume des opérations de maintenance à la capacité industrielle, dans le respect des engagements ou exigences de l'ASN. Les six dernières années ont été marquées par une augmentation très significative du volume de maintenance (60 %), après qu'une démarche de réduction, sans doute trop importante, a été réalisée.

Retrouver de la sérénité pour réaliser les arrêts de tranche est bénéfique à la sûreté. Je considère qu'il y a place pour une optimisation des activités de maintenance en arrêts de tranche, tout **en étant garant des enjeux de sûreté au regard de l'exploitation et de la durée de fonctionnement.**

S'agissant du récent ajustement de la maintenance, j'attire l'attention sur le niveau de maîtrise et de contrôle vis-à-vis de la sûreté, particulièrement pour les systèmes de sauvegarde et les matériels qualifiés. Je rappelle aussi l'importance de poursuivre une démarche de surveillance en exploitation suffisamment anticipative (examens non destructifs END, visites, etc.), eu égard au vieillissement des matériaux et aux matériels importants pour la sûreté. Les compétences systèmes et matériels mobilisées au titre de l'AP 913, s'appuyant aussi sur des études de fiabilité, devraient être valorisées. Je serai vigilant en 2014 sur les processus de travail, l'implication d'une FIS renforcée dans ce domaine comme je l'ai indiqué précédemment, et les choix effectués sur les sites.

EN ARRÊT DE TRANCHE, DES PROGRÈS TOUJOURS ATTENDUS

La préparation des arrêts et des activités

Je mesure encore sur les sites la difficulté à mettre en place de véritables projets pluriannuels structurants. Des projets patrimoniaux pluriannuels (PPP) se développent sur chacun des sites mais ils sont encore trop peu connectés à la programmation pluriannuelle des activités.

Je constate sur certains sites que le planning d'arrêt peut être transmis aux intervenants une semaine seulement avant l'arrêt. Je déplore, de nouveau, **un gel trop tardif des opérations à réaliser**, avec en corollaire une stabilisation des activités trop proche du début des opérations. Cela induit **une situation difficile à gérer, y compris pour les prestataires**.

La préparation modulaire des arrêts n'est pas au niveau, notamment du fait de la charge des équipes occupées à gérer les prolongations des arrêts en cours. Or sa mise en œuvre rigoureuse est un levier incontournable pour gagner en sérénité et en qualité.

Au vu de mes entretiens sur sites, le métier de préparateur, très contributif aux résultats, doit être soutenu dans les services de maintenance. En effet les emplois de préparateur dans les services d'ingénierie et de fiabilité ou de chargé d'affaires sont trop souvent perçus comme plus valorisants.

Des préparateurs m'ont également exprimé des insatisfactions autour des nouvelles gammes de maintenance proposées par le programme MME⁶⁶, en lien avec leur processus de construction centralisé. Ces gammes sont trop souvent à reprendre ou à compléter et le savoir-faire des préparateurs ne leur semble pas toujours être pris en compte. Je m'interroge sur la perte du sens de la démarche fondatrice des documents standards paliers, au niveau des préparateurs. Je note la mise en place en 2014, bien que tardive, d'un accompagnement dédié pour la mise en œuvre de ce programme, dans le cadre du déploiement du SDIN à partir de 2015. Je relève également la démarche engagée par la structure palier documentaire 1 300 MWe, associant très en amont des préparateurs des sites concernés. J'encourage la poursuite des actions d'amélioration de la qualité des procédures.



Préparation d'une activité de maintenance avant intervention

La maîtrise des interventions

Sur le terrain l'adhésion à la **démarche de ré-internalisation de certaines activités** contribue à mieux exercer le personnel des sites aux gestes techniques de maintenance courante, ou celui des AMT pour la maintenance lourde, et à améliorer leur surveillance. Cette orientation, mise en œuvre à bon escient pour des activités ciblées sur des enjeux sûreté, m'apparaît pertinente au regard de la maîtrise du savoir-faire et du renouvellement des compétences.

Je mesure, lors de mes entretiens dans les services de maintenance et chez certains prestataires, un progrès sur l'identification des activités à risques et sensibles, en relation avec la sûreté : circuits ou matériels importants pour la sûreté et activités à réaliser. Cette démarche est à renforcer, y compris chez les prestataires.

Les modifications et les équipes communes

Trop souvent, les dossiers d'intervention portés par les équipes communes DIN-DPN sur chacun des sites (IPE) ne sont **pas au niveau de qualité attendu et arrivent beaucoup trop tardivement**. Cette situation s'est aggravée avec la charge de travail d'ingénierie très élevée due aux actions post-Fukushima à réaliser dans des délais très courts, non conformes au processus IPE. Cela conduit parfois des CNPE à ne pas réaliser certaines modifications et à les différer dans l'attente d'un dossier complet, par exemple pour une modification⁶⁷ sur un site 900 MWe. J'encourage une telle attitude visant à respecter rigoureusement le jalon de gel des programmes (J0- 4 mois), pour des modifications qui ne présentent pas un caractère urgent et important pour la sûreté.

Le retour d'expérience à chaud n'est quelquefois pas réalisé. La capitalisation du REX d'un site à l'autre peut

⁶⁶ Méthodes de Maintenance et d'Exploitation.

⁶⁷ Modification ATEX.

également être améliorée, sa prise en compte n'étant pas toujours effective.

Les équipes communes que j'ai rencontrées sont volontaristes et conscientes des enjeux qu'elles portent pour faciliter la bonne intégration des améliorations sur les tranches en marche ou en arrêt. Leur effectif augmente très significativement et je mesure la montée en compétences nécessaire du personnel, souvent jeune. J'attire l'attention sur l'effort à poursuivre côté CNPE pour mettre à disposition 30 % du personnel des équipes, conformément aux dispositions de la DIN et de la DPN pour le grément des services IPE. Je souligne la nécessité de maintenir des compétences de qualité en génie civil pour bien identifier et mettre en perspective les spécificités des sites dans ce domaine.

Plus largement, **j'appelle les centres d'ingénierie à se rapprocher davantage des attentes des CNPE et de leurs processus de travail**, notamment pour faciliter les planifications en arrêt de tranche en tenant compte de leurs spécificités. Je me félicite de la mise en place des ingénieurs de liaison avec les sites (ILS) dans les centres d'ingénierie de la DIN et d'une ingénierie de conception locale (ICL) dans les équipes communes des sites. Ces renforts d'ingénierie, à l'écoute des demandes des sites, doivent améliorer l'intégration, la planification et la priorisation des modifications sur les sites dans une vision pluriannuelle.

J'encourage une réflexion sur le management de ces services, désormais dotés d'un personnel important (jusqu'à 200 personnes) et sur l'opportunité de les associer davantage au niveau des directions de CNPE.

LA PRÉPARATION DU GRAND CARÉNAGE

J'avais attiré l'attention en 2012 sur la charge de travail considérable induite par ce programme industriel pour l'ingénierie, les sites et les prestataires, et sur son caractère réaliste. J'ai noté avec satisfaction, en écho à ma recommandation de 2012, **la réalisation en 2013 d'une mission d'évaluation de niveau Groupe**, qui a travaillé avec tous les métiers, fonctions centrales, unités. J'en partage les principales conclusions et j'ai bien noté la création d'une gouvernance *ad hoc* du programme industriel et la nomination d'un directeur opérationnel Grand carénage à la DPN.

La mission d'évaluation du programme industriel du parc nucléaire

A partir des constats et des diagnostics relatifs aux performances du parc nucléaire, à la charge de l'ingénierie, aux achats et à la capacité d'intégration des sites nucléaires, une orientation a été définie en 2013 : « Faire moins, pour faire mieux et pouvoir faire plus. »

Les principales conclusions :

- revoir le contenu et la planification des améliorations post-Fukushima et liées aux visites décennales, réexaminer le programme de remplacement des gros composants et le volume de maintenance courante, prioriser la maîtrise des arrêts, au bénéfice de la sûreté, par un renforcement de la capacité d'intégration du site et de l'efficacité des achats, réexaminer la charge des activités des sites,
- renforcer l'efficacité de l'ingénierie DIN, responsable des modifications (conception, préparation, réalisation),
- renforcer et adapter la gouvernance du programme industriel, notamment par un contrôle fort et efficace intégrant tous les projets et les phases clés.

J'ai constaté l'engagement résolu de la direction et du personnel du site de Paluel, tête de série des VD3 1 300 MWe⁶⁸ d'avril 2015 sur la tranche 2, avec environ 100 modifications et en parallèle le premier RGV⁶⁹ 1 300 MWe. Suivront trois VD analogues sur les trois autres tranches d'ici à 2018. Je salue la **démarche conjointe du CNPE et de la DIN CIPN avec le CNEPE**, pour établir une collaboration étroite en amont, avec notamment un renforcement de l'équipe commune par des équipes dédiées au RGV et à la rénovation du contrôle commande de sûreté. J'appelle de même à l'association au plus tôt des principaux prestataires concernés. Le REX de ces évolutions d'organisation devra être tiré pour la suite du Grand carénage.

S'agissant de la logistique de chantier, la question est identifiée et traitée au plan national mais j'observe que, sauf cas particulier, le sujet n'est pas encore vraiment pris en main par les sites avec la dynamique nécessaire. J'insiste sur le bénéfice attendu pour l'accroissement du temps métal et la sécurité des intervenants.

Je salue l'accord **« une ambition sociale pour le projet industriel du parc nucléaire »**, signé à la DPN le 2 août 2013, en continuité du dialogue social porté par le projet Génération 2020. Je souligne en particulier l'adaptation des rythmes de travail au volume d'activités, le déploiement

⁶⁸ Troisièmes visites décennales des réacteurs 1 300 MWe.

⁶⁹ Remplacement de Générateurs de Vapeur.

du programme Compétences, la recherche d'une meilleure visibilité pour chaque métier, l'augmentation des effectifs concernant la ré-internalisation en lien avec la maîtrise technique et industrielle.

LES PRESTATAIRES ET LA POLITIQUE DE RELATIONS INDUSTRIELLES

Il est de première importance de **fédérer et de mobiliser les principaux prestataires et les fournisseurs sur le Grand carénage**, en complément des échanges avec les syndicats professionnels de l'industrie, car ce sont eux qui vont, *in fine*, préparer et réaliser les opérations. Je note, à cet égard, les contacts entre les directions du groupe EDF et des entreprises prestataires.

Les prestataires rencontrés sur le terrain expriment fortement, comme en 2012, la volonté d'avoir plus de visibilité contractuelle, concrète, sur les activités qui leur seront confiées dans le cadre du Grand carénage, d'être davantage associés à la préparation des arrêts et plus en amont. Je souligne l'intérêt de contrats pluriannuels pour les modifications, permettant à un même prestataire d'intervenir pour le même travail sur toutes les tranches d'un site, facilitant ainsi l'intégration côté site et la préparation-réalisation, côté prestataire.

Dans l'ingénierie, certains attendent une orientation vers des cahiers des charges plus fonctionnels, leur permettant de proposer à EDF SA des solutions diversifiées et innovantes. Je considère cette attente légitime, sans remettre en cause les rôles de responsable de conception et d'architecte ensemble portés par la DIN.

Différents prestataires rencontrés pointent des échanges insuffisants, voire inexistant, en fin d'intervention ou d'arrêt, en termes de REX ; **les conditions de transmission des fiches d'évaluation des prestataires (FEP) ne sont pas satisfaisantes**. Elles ne permettent pas un échange direct et approfondi sur site entre les prestataires et les donneurs d'ordres EDF SA. Le temps de partage des points à améliorer et des points forts fait partie de la boucle vertueuse du progrès continu de la préparation-réalisation des activités de maintenance. J'appelle les directions locales, les centres d'ingénierie de la DIN et l'UTO à se saisir de cette question et à renforcer leur contrôle.

La surveillance des prestataires

C'est un enjeu fort des prochaines années, compte tenu de l'augmentation sensible des volumes d'activité, particulièrement dans les équipes communes, et des exigences renforcées de l'arrêté INB du 7 février 2012 pour la surveillance des AIP (Activités Importantes pour la Protection des intérêts) visées par le Code de l'environnement.

Je mesure les progrès des CNPE et des équipes communes, avec des initiatives locales de professionnalisation et d'animation des chargés de surveillance. A la DIN, je note le travail engagé pour clarifier les rôles respectifs des chargés d'affaires et des chargés de surveillance. Je veillerai lors de mes visites de sites en 2014 à me faire présenter les nouvelles dispositions : leur maturité sera un gage de réussite du Grand carénage.

En outre, la démarche CINQ (Comité Inter-entreprises pour le traitement des Non-Qualités) initiée par l'UTO avec les principaux fournisseurs, dont l'AMT⁷⁰, associe donneurs d'ordre, prestataires, chargés de surveillance, intervenants, pour travailler ensemble sur le REX des chantiers, les activités sensibles, les méthodes et les outils. Je note que cette démarche contributive au progrès sur les non-qualités de maintenance est appréciée des prestataires.



Intervenants prestataires en arrêt de tranche

⁷⁰ Agences de Maintenance Thermique.

La professionnalisation des prestataires du nucléaire : une des clés pour réussir

Les compétences des prestataires sont un enjeu fort pour les opérations de maintenance, notamment dans la perspective du Grand carénage. Je me félicite de la **refonte du dispositif de formation de base**, initiale ou recyclage, des prestataires du nucléaire engagée en 2012, pour une mise en œuvre au deuxième semestre 2014. Les primo-intervenants représenteront jusqu'à 25 % des équipes du Grand carénage. Je note avec intérêt le **renforcement de la formation sur la culture de sûreté**, via un module sûreté-qualité, pour les intervenants sur des EIPS⁷¹. Je note également un renforcement de la formation des chargés de travaux et la création d'une formation plus ciblée, pour actualiser la connaissance au plus près de l'intervention, en liaison avec l'analyse de risques. L'efficacité réelle de ce dispositif devra être mesurée avec soin, régulièrement, en étroite relation entre EDF SA et les entreprises, pour pouvoir faire évoluer la formation en tant que de besoin. Les chantiers écoles sont bien appréciés par les prestataires et j'encourage le développement de leurs usages. Je note également de bonnes pratiques dans les métiers de robinetterie, par exemple les passeports de compétences

⁷¹ Equipement d'Intérêt Protégé pour la Sûreté.

qui permettent de visualiser les compétences acquises par chaque intervenant.

Au Royaume-Uni, à Hinkley Point B, je note que les prestataires ont été intégrés dans le plan de formation au personnel de la centrale. J'invite par ailleurs chaque site à mieux utiliser ses maquettes de maintenance.

LES PIÈCES DE RECHANGE

Lors de mes entretiens dans les services de maintenance des sites, je note toujours une préoccupation concernant les pièces de rechange (pièces livrées non conformes, indisponibles, délais d'approvisionnement parfois longs, en années pour des équipements sous pression, arrivée sur site tardive, etc.). Le maillage avec UTO semble s'être amélioré sans toutefois donner pleine satisfaction à l'utilisateur final. Je note aussi une difficulté sur site à commander les pièces avec anticipation. J'observe que les magasins de certains sites restent chargés, malgré les transferts réalisés à la plateforme de Velaines. Globalement, **le processus pièces de rechange n'est pas encore au niveau industriel attendu**, au regard des efforts financiers consentis pour les approvisionnements. Le projet Amélie étant clos fin 2013, c'est l'UTO qui en prend le relais. Lors de mes visites en 2014, je m'attacherai à mesurer sa robustesse, tant à l'UTO que dans les CNPE.

MES RECOMMANDATIONS

Le portage du sens par les managers permettra d'assurer durablement la reconquête des fondamentaux de la culture de sûreté, qui font particulièrement défaut lors du traitement d'aléas. En France, la direction de la DPN et les managers des sites se saisissent du sujet des non-qualités de maintenance et en organisent la démarche aux niveaux national et local. **Je recommande, pour cette reconquête, que les fonctions centrales soient mises effectivement en position d'appui et d'accompagnement**, avec un dispositif tenant compte des besoins spécifiques de chaque site. Je souligne de nouveau l'importance à accorder à la phase de préparation pour garantir la qualité des opérations de maintenance. Parmi l'ensemble des actions engagées dans cette phase, **j'appelle à la réappropriation de l'analyse de risques (ADR) en interne EDF et chez les prestataires**. En effet, l'ADR nourrit le dialogue entre les équipes de préparation et les intervenants, sécurise la transmission d'informations entre les acteurs et donne du sens aux parades mises en œuvre. Aujourd'hui elle est encore trop vécue comme une contrainte sans valeur ajoutée.

Je suis préoccupé par la qualité des dossiers d'intervention pour les modifications et leur arrivée tardive sur les sites, que ce soit pour les arrêts de tranche et, dans une moindre mesure, pour les tranches en marche. Le travail des équipes communes ne s'en trouve pas facilité et cela génère des contraintes d'exploitation. **Je recommande à la direction des centres d'ingénierie de la DIN de renforcer le contrôle de la qualité des études amont et des dossiers d'intervention, avant leur arrivée sur sites, d'anticiper l'accompagnement des équipes communes et des CNPE pour les modifications et de garantir le strict respect du jalon J0- 4 mois** pour les dossiers IPE, dès la prise d'engagements.

Enfin, comme je l'appelais de mes vœux en 2012, **je recommande de renforcer le domaine maintenance dans les filières indépendantes de sûreté des CNPE**.

Au Royaume-Uni, **je recommande à la direction d'EDF Energy de fixer des objectifs plus ambitieux pour la fiabilité des matériels au bénéfice de la sûreté et de créer une dynamique pour progresser plus vite sur l'AP 913**.

7/ ANIMER LES MÉTIERS POUR AMÉLIORER LA SÛRETÉ



Centre de formation UFPI de Bugey, chantier école

La sûreté et la qualité d'exploitation reposent sur des savoir-faire appris et développés dans chacun des métiers du nucléaire. En phase avec la politique industrielle et les modifications des équipements et méthodes d'exploitation, les emplois doivent évoluer, parfois en profondeur. Le développement de dispositifs d'animation locaux et nationaux des métiers permet d'anticiper et de maîtriser leurs évolutions, et contribue ainsi à la sûreté.

EN FRANCE, DES DISPOSITIFS RECONNUS

Le pôle compétences conseil (PCC), plaque tournante de l'animation des métiers à la DPN

J'avais relevé le renforcement de l'animation des métiers depuis 2010 dans le parc français. Une équipe nationale importante de près de 40 personnes y est dédiée, le pôle compétences conseil (PCC). Rattachée au directeur adjoint ressources de la DPN, elle est placée sous le pilotage des directeurs des opérations (DDO) chargés des groupes de gouvernance métiers. Je relève la diversité des profils dans cette équipe, pour la plupart dotés d'une solide expérience d'exploitation. Je retiens les principes de fonctionnement de cette entité chargée de :

- l'animation des réseaux des chefs de service, avec l'appui régulier des DDO,
- l'animation des appuis formation des sites (conduite, automatismes, chimie, mécanique, chaudronnerie-robinetterie...),

- l'animation des GPEC des principaux métiers (conduite, maintenance, automatismes, chimie, SIR...),
- l'offre de formation nationale, « voix de l'exploitant » auprès de l'UFPI,
- l'appui au déploiement du programme Compétences,
- l'appui au déploiement des noyaux de cohérence métiers (conduite, maintenance, projets...),
- du portage des projets nationaux de transformation importants.

Elle contribue également au programme leadership des chefs de service et à la mise en place de l'institut du leadership.

Je souligne l'importance du PCC dans le développement de nouvelles formations ces deux dernières années, comme les formations « métiers de projets » (chefs d'arrêts de tranche, ingénieurs d'arrêts, planificateurs, ingénieurs chargés du pluriannuel) et les formations ingénieurs maintenance. Le PCC va jusqu'à intervenir parfois dans le champ de la maîtrise d'œuvre de ces formations : bien que cela ne corresponde pas au schéma général de répartition des rôles, je me félicite d'une telle souplesse qui pallie les difficultés de l'UFPI

pour répondre, rapidement et en qualité, à ce type de besoins spécifiques.

J'ai mesuré, lors de mes visites des CNPE et des services formation de l'UFPI, la pertinence et l'appréciation très positive de ces modalités de fonctionnement par les acteurs de terrain.

L'ANIMATION DES MÉTIERS ET LA CONDUITE DES CHANGEMENTS À LA DPN

J'insiste, en France tout particulièrement, sur la nécessité d'**accorder la plus grande importance à la conduite du changement** pour la réussite des nombreux projets engagés dans le parc (cf. chapitre 1).

J'ai mesuré l'apport des équipes d'animation métiers qui couvrent la quasi-totalité des démarches d'évolution des métiers, en premier lieu les noyaux de cohérence nationaux (NCME⁷², NCC⁷³...). Elles participent de manière très active à tous les projets industriels lancés ces dernières années dans le nucléaire :

- l'appui au Grand carénage, avec par exemple la construction d'un modèle de travail pour les arrêts de tranche de type « VP chargée » (arrêts de tranche à fort volume de maintenance) et l'accompagnement des projets logistiques locaux,
- l'évaluation de l'impact du retour d'expérience de Fukushima sur le dimensionnement des équipes de conduite,
- l'appui à la mise en application sur les sites du volet surveillance des prestataires de l'arrêté INB de 2012,
- le développement de nouvelles méthodes de consignation, avec le projet COLIMO,
- la mise en place des simulateurs de conduite numériques,
- la simplification des dossiers d'intervention.

L'accompagnement du changement : le projet COLIMO

Engagé en 2012, il vise à définir, dans la perspective du Grand carénage, de nouvelles pratiques de consignation et de lignage plus simples et plus efficaces. Il vise également à recentrer la consignation sur les objectifs de sécurité, en faisant évoluer le référentiel et les outils. En associant largement les professionnels concernés, il intègre :

- la définition d'un nouveau processus métier couvrant la sécurité des circuits et équipements avant intervention ou essais et le lignage des circuits,
- la définition des évolutions du recueil de prescriptions au personnel (RPP),
- la mise à disposition d'un nouvel outil informatique de consignation,
- l'analyse SOH et la conduite du changement,
- la fiabilisation des données du système d'information support,
- l'information des instances représentatives.

Les missions d'appui à la demande des directeurs de CNPE représentent également une dimension significative de leurs activités, répondant ainsi à des besoins très spécifiques des CNPE, souvent pour faciliter l'accompagnement de projets nationaux.

Toutefois, **les animateurs métiers**, dont l'expérience en exploitation est solide, ne sont plus suffisamment présents sur les sites, ce qui peut à terme nuire à la pertinence de leur apport. Aussi, j'attire l'attention sur la nécessité de **protéger une part notable de leur activité pour la consacrer à l'appui local**. Celui-ci m'apparaît en effet en net recul du fait des sollicitations croissantes des projets et programmes engagés par le niveau national de la DPN.

L'ANIMATION DES MÉTIERS DE LA FILIÈRE INDÉPENDANTE DE SÛRETÉ

J'avais relevé en 2012 des faiblesses dans l'animation de certains emplois de cette filière et je m'étais interrogé sur le risque d'isolement de l'animation des métiers de la FIS. En effet, elle est portée pour l'essentiel par UNIE-GPSN⁷⁴, relevant d'un dispositif autonome par rapport à celui porté par le PCC pour l'ensemble des autres métiers. On m'a présenté cette année l'organisation, qui me semble répondre aux faiblesses identifiées et m'apparaît prometteuse sur nombre de points. Je retiens :

- la création d'un groupe de gouvernance des métiers de la filière indépendante, comme pour les autres métiers, placé sous le pilotage du directeur délégué sûreté,

⁷² Noyau de Cohérence des Métiers de Maintenance.

⁷³ Noyau de Cohérence des métiers de Conduite.

⁷⁴ Groupe Performances Sûreté Nucléaire.

- le renforcement de l'animation des réseaux des chefs de missions sûreté-qualité, des chefs de services sûreté-qualité, des ingénieurs sûreté, des IRAS⁷⁵, des auditeurs,
- la prise en compte des métiers parfois « orphelins » et pourtant importants : consultants FH, chargés de crise et d'incendie, chargés de la protection de site,
- le suivi des GPEC de chacun des emplois de la FIS.

Je me félicite en particulier de l'objectif affiché d'assurer la bonne **prise en compte de la dimension sûreté dans l'animation des autres métiers**. Certains, comme le métier de chef d'exploitation, sont en effet de première importance sur ce plan. Je salue aussi la refonte complète des formations de recyclage sûreté-qualité, qui répond à un besoin de première urgence sur les sites, dont bénéficieront à partir de 2014 l'ensemble des métiers et les prestataires.

L'animation du réseau des ingénieurs de site chargés des relations avec l'autorité de sûreté (IRAS) a été relancée. Dans le même registre, j'ai noté lors de mes visites de sites tout le soutien et l'appui que peuvent apporter de tels maillages aux métiers les plus en difficulté, par exemple le métier d'auditeur sûreté-qualité.

J'encourage le **renforcement des liens avec les équipes du SRD-NIO** à EDF Energy qui, malgré les différences d'organisation (le *safety delivery team process* évoqué au chapitre 3), sont confrontées aux mêmes challenges que leurs homologues français.

AU SEIN DE LA DIN, DES DÉMARCHES ÉGALEMENT PROMETTEUSES

J'ai rencontré, dans les centres d'ingénierie, des acteurs (chefs de services, ressources humaines, ingénieurs-experts) très motivés sur ces questions. Je retiens la **démarche PDCC⁷⁶** qui a d'abord permis d'identifier douze domaines de compétences clés dans chaque centre d'ingénierie couvrant ainsi l'ensemble des métiers. Les référentiels de compétences des emplois ont également été repris et standardisés.

Je note **l'engagement de la direction de la DIN** sur ce plan. Des chefs de service et des ingénieurs experts sont missionnés sur le projet PDCC, chacun chargé d'un des douze domaines de compétences clés. Leur disponibilité fait l'objet d'un point d'attention. Ces pilotes PDCC sont animés, avec la participation effective de la direction de la DIN. L'UFPI n'apporte aux centres d'ingénierie qu'un appui limité. Si les formations nationales lourdes sont ouvertes à la DIN, je note que les formations *ad hoc*, ou

très ciblées, sont organisées directement par les PDCC ou les appuis RH des centres d'ingénierie.

Des démarches ont également été engagées pour **l'animation des métiers d'expertise de haut niveau**. J'ai rencontré en particulier au SEPTEN des experts référents, certains également responsables PDCC. Avec l'arrivée des jeunes ingénieurs, ces experts se sentent reconnus et soutenus. Je me félicite de l'investissement de la DIN pour développer la filière d'expertise.

LA COMMUNAUTÉ COMBUSTIBLE, UN EXEMPLE D'ANIMATION MÉTIER RÉUSSIE

La communauté combustible (cf. chapitre 9) est également une illustration réussie de l'animation des métiers du domaine cœur-combustible, ayant en charge chacune des étapes du combustible en exploitation. Cette animation a la particularité de concerner des divisions et directions différentes. Je me réjouis du dynamisme ressenti dans les équipes concernées, dans les sites et les entités d'ingénierie visités.

UNE LOGISTIQUE DE FORMATION QUI NE SUIT TOUJOURS PAS

L'animation des métiers est conduite en relation étroite avec les équipes formation de la DSP et de l'UFPI, chargées notamment de la logistique et de la maîtrise d'œuvre. Si l'amélioration de la maîtrise d'œuvre se confirme, la logistique est encore loin du compte. Comme en 2012, **j'alerte sur la complexité de l'organisation**, qui éloigne trop d'acteurs du sens et des priorités, managers en premier lieu.

Si les grands métiers du nucléaire, dont l'UFPI, ont pris de plus en plus d'initiatives pour assurer pleinement leur rôle de maître d'œuvre de la formation, je regrette que les entités de support et d'appui de la DSP ne se soient toujours pas saisies de cette question. J'entends encore trop souvent les **attentes insatisfaites des managers de proximité** pour ne pas renouveler mon alerte.

A EDF ENERGY, LE RÔLE DES FLEET MANAGERS

J'ai rencontré au centre de Barnwood les *fleet managers* qui remplissent une mission assez comparable à celle du PCC à EDF SA. Ils couvrent les grands métiers (conduite, maintenance) et grands processus opérationnels et domaines transversaux (arrêts de tranche, radioprotection, sécurité...). Ils assurent également une fonction d'animation par métier des chefs de service (conduite, maintenance...) pour le parc britannique.

⁷⁵ Ingénieurs chargés des Relations avec l'ASN.

⁷⁶ Plan de Développement des Compétences Clés à la DIN.

J'ai rencontré certains d'entre eux et j'ai apprécié leur positionnement clair et prioritaire, en appui aux sites. Je note cependant une situation encore assez hétérogène entre les différents domaines couverts. J'attire l'attention sur le **portage des exigences de sûreté** ; le renforcement du lien avec l'animation des métiers du contrôle de sûreté (SRD-NIO) peut se révéler précieux sur ce plan.

J'apprécie également le rôle joué dans cette animation par les directeurs de sites : ils sont tous impliqués dans ce dispositif national, chaque domaine-métier étant supervisé par l'un d'entre eux (station director sponsor).

Si les contacts entre les fleet managers et le PCC de la DPN sont effectifs et appréciés dans nombre de directions, **les domaines importants ne donnent pas encore tous lieu à des coopérations notables entre EDF Energy et EDF SA**. Je le regrette car ce sont souvent des thèmes où les uns et les autres auraient beaucoup à apprendre, tels que la sécurité du travail, l'AP 913 ou la maîtrise des arrêts de tranche. La réussite des synergies dans les domaines incendie, house-keeping et compétences (SAT⁷⁷) illustre l'apport positif de telles coopérations.

Un séminaire de chefs d'exploitation sur le leadership

Organisé en 2013 par le *fleet operations manager* d'EDF Energy, ce séminaire d'une semaine est animé par l'INPO. Pour la première fois hors des États-Unis, à la centrale anglaise de Hartlepool, 18 chefs d'exploitation de différentes compagnies, dont 10 d'EDF Energy et d'EDF SA, étaient regroupés pour partager leurs expériences managériales et travailler sur le leadership et le management des compétences. Cette initiative positive sera prolongée en 2014 par plusieurs séminaires du même type au Royaume-Uni et en France.



Séminaire INPO de chefs d'exploitation, à Hartlepool

⁷⁷ *Systematic Approach to Training*.

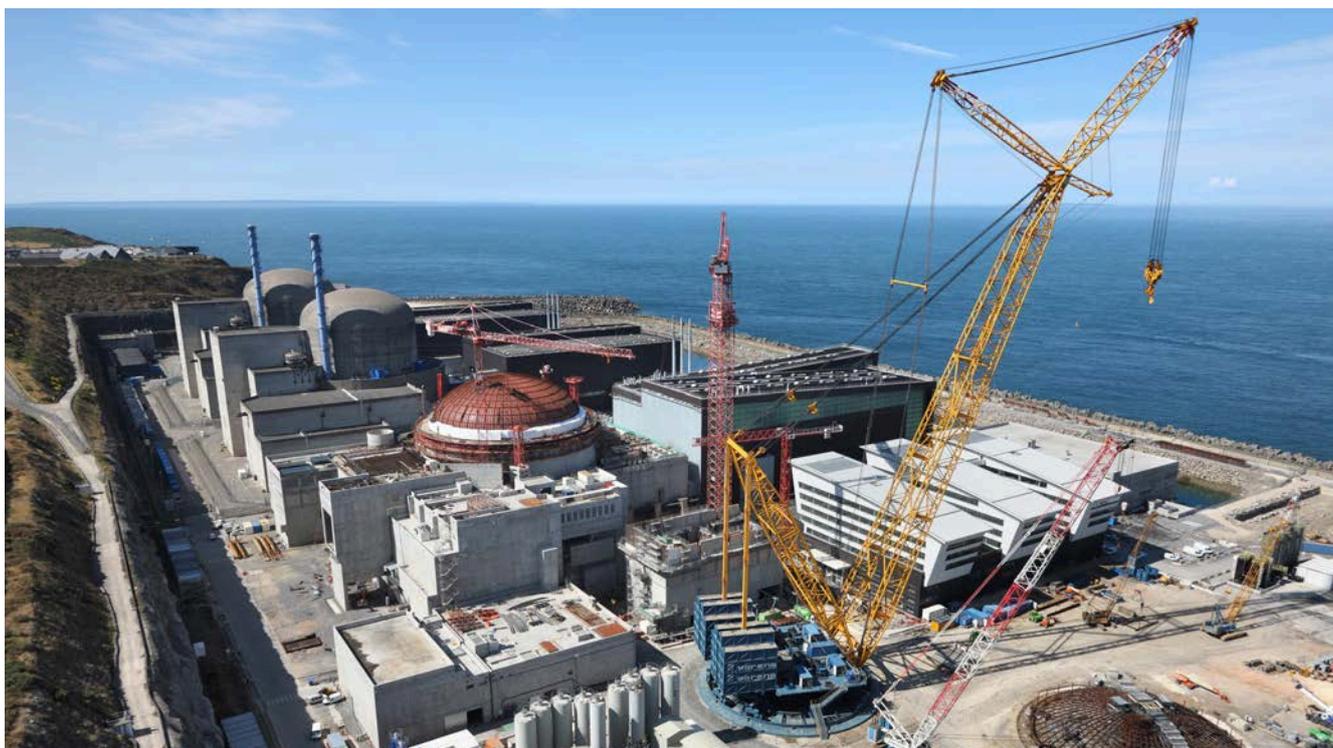
MES RECOMMANDATIONS

Les dispositifs d'animation des métiers sont bien développés dans le Groupe : PCC et démarche PDCC en France, *fleet managers* à EDF Energy. Ils nécessitent d'être animés par des personnes ayant une forte expérience, en exploitation ou en centre d'ingénierie, à des niveaux de responsabilité significatifs, équipe de direction d'unité pour certains. **Je recommande aux directions de veiller, dans la durée, au bon grément de ces dispositifs avec les compétences nécessaires à leur fonctionnement. J'encourage une meilleure valorisation du passage dans de telles fonctions**, notamment en les inscrivant dans des parcours professionnels reconnus.

J'ai déjà souligné l'importance de ces dispositifs dans la conduite des changements. En France, la répartition des activités et des appuis doit être mieux équilibrée entre les nombreux projets engagés par le niveau national et les besoins exprimés par les sites. Je recommande aux directions nationales de veiller à cet équilibre.

Les difficultés de l'UFPI pour répondre à **des besoins portant sur des métiers et des emplois rares et à fort enjeu doivent être considérées**. J'attire l'attention sur le risque de fragilisation à terme des dispositifs de compensation, d'ailleurs efficaces, mis en place à la DPN et à la DIN. **J'encourage l'UFPI à jouer pleinement son rôle de maître d'œuvre** pour apporter des solutions pérennes à ces besoins.

8/ UN NOUVEAU SOUFFLE POUR LES EPR



Le site de Flamanville, fin juillet 2013

Les chantiers des EPR Flamanville 3 en France et Taishan1-2 en Chine sont dans une même dynamique, tendue vers leur prochain démarrage. Ils offrent une véritable opportunité pour renforcer la coopération afin de bénéficier de l'expérience solide du démarrage de la partie chinoise.

La réussite des opérations de montage à venir, la finalisation des dossiers d'études de sûreté avec l'ASN et la NNSA⁷⁸, la préparation et la réalisation des essais de démarrage vont rythmer les trois prochaines années et nécessitent l'engagement majeur de tous les acteurs et parties prenantes

La concrétisation d'un accord de principe entre EDF Energy et le gouvernement britannique sur le projet des deux tranches EPR de Hinkley Point C donne du souffle au programme du nouveau nucléaire du Groupe.

⁷⁸ National Nuclear Safety Administration.

L'EPR À FLAMANVILLE EN FRANCE

Le renforcement du projet s'est poursuivi en 2013

Sur le chantier de Flamanville 3, l'année 2013 a vu des avancées significatives avec le quasi-achèvement du génie civil principal et la pose du dôme du bâtiment réacteur. La maîtrise industrielle de réalisation a progressé dans la continuité de la nouvelle gouvernance de projet, initiée en 2012 par les directions de la DIN et du CNEN. J'apprécie en particulier la mise en place d'un pilotage

opérationnel des risques, systématique et hiérarchisé, et le renforcement du pilotage du « reste à faire ». Je note la **stabilisation de l'état de référence du DMES⁷⁹ en juillet 2013** et je souligne que les justifications restent à établir en prévision de sa transmission à l'ASN au deuxième semestre 2014. Par ailleurs, des points de conception, encore ouverts à ce stade du projet, nécessitent un effort particulier et peuvent engendrer des modifications.

J'attire l'attention sur les enjeux associés à la préparation et à la réalisation des modifications futures. Plus de 1 000 modifications sont à réaliser, mais sans contrainte de sûreté, combustible non chargé. Les facteurs de réussite

⁷⁹ Dossier de Mise En Service.

doivent être mis sous contrôle par le projet en lien avec l'exploitant, en disposant d'études abouties, en mettant à disposition des essayeurs la maîtrise fonctionnelle, en favorisant leur appropriation par l'exploitant et en mettant à niveau le simulateur.

Les perspectives du site d'ici à 2016

La réussite des opérations de montage à venir, dont celles des gros composants du circuit primaire, la finalisation des dossiers d'études avec l'ASN, l'intégration des modifications, la préparation et la réalisation des essais de démarrage vont rythmer les trois prochaines années. Je reste surpris au moment de ma visite sur site, par le **faible nombre des transferts des systèmes élémentaires**, pour consignation et exploitation provisoire, entre l'aménagement et l'exploitant, avec 9 % de transferts fin 2013. Le premier transfert de matériel classé a eu lieu fin 2013 (tableau électrique LHD). Si la cadence n'est pas accélérée, je crains des difficultés en fin de parcours pour gérer le volume, avec une implication trop tardive de l'exploitant.

Je note, sur le champ de la planification, une amélioration au niveau du projet et de l'aménagement, un renforcement des équipes dédiées, sans être toutefois à la cible recherchée : il faut donc progresser encore dans cette nouvelle phase du chantier avec de nombreuses entreprises intervenantes. Je soutiens la nécessité de disposer d'un planning fiable à échéance identifiée comme une priorité pour début 2014. L'approche consiste à disposer d'un planning détaillé à 6 mois pour les transferts et activités chantier, partagé avec l'exploitant et en lien actif avec les entreprises.

Je recommande de veiller à la bonne fluidité des relations entre l'aménagement et les ingénieries du CNEN et du CNEPE ainsi qu'à l'accompagnement nécessaire, par exemple pour la mise en place du nouvel outil de planification.

L'intégration des équipes de l'aménagement et de l'exploitant dans le bâtiment d'exploitation du site, très attendue localement, est effective depuis octobre 2013.

J'avais souligné en 2012 la démarche innovante et pragmatique pour l'analyse des mises en conservation des matériels. Je note avec satisfaction l'organisation et les dispositions pour conserver les matériels de la salle des machines, mettant à profit le benchmark réalisé avec Olkiluoto 3.

Plus globalement, **je me félicite de la coopération renforcée entre la DIN et la DPN, à tous les niveaux du projet**, avec une équipe de liaison DPN détachée à la direction technique du projet, une présence DPN aux instances de pilotage, des indicateurs intégrés et un

bureau de consignation commun. Je note aussi la présence de trois ingénieurs d'EDF Energy détachés, participant sur site à la construction. Je souligne l'intérêt d'augmenter cette participation dans ces phases de montage et d'essais de démarrage, pour acquérir une expérience pour le projet Hinkley Point C.

Je demeure préoccupé par les difficultés du dialogue technique entre les fabricants et l'ASN, en particulier sur les équipements sous pression nucléaires (ESPN), qui font l'objet d'une première application de l'arrêté du 12 décembre 2005 dans une construction neuve, notamment pour les travaux de montage des boucles primaires et des circuits auxiliaires, et pour la procédure d'évaluation de la conformité des assemblages des équipements sous pression entre eux.

Les études d'accident et la qualification des matériels

Ces deux thèmes portent de forts enjeux pour la sûreté. Pour les études d'accidents, le recours à quelques nouvelles méthodes s'est avéré nécessaire à la démonstration de sûreté. Introduites après le basic design de l'EPR, elles sont en évolution par rapport à celles mises en œuvre sur le parc en exploitation et ont été portées à connaissance de l'ASN vers 2007. De même, certaines justifications complémentaires ont dû être apportées, par exemple pour l'accident d'éjection de grappe, et des travaux particuliers ont dû être menés, par exemple pour finaliser la corrélation de flux critique.

Les études d'accident font l'objet d'une reprise générale en cours qui devrait s'achever mi 2014, au vu des modifications décidées depuis le début des études. Je souligne l'investissement réalisé par la DIN (le SEPTEN⁸⁰) sur la maîtrise de ces méthodes et sur la surveillance des études d'accidents réalisées par le constructeur. Je mesure les difficultés rencontrées en lien avec les scénarios étudiés, les règles d'études associées et certaines évolutions de la conception de l'EPR par rapport aux paliers antérieurs, par exemple le refroidissement automatique.

Je resterai vigilant au **bilan final des marges de sûreté**, au regard des caractéristiques d'exploitation attendues de l'EPR Flamanville 3. Je m'interroge en premier lieu sur le niveau suffisant d'anticipation de ces éléments de démonstration par rapport au planning et sur le processus d'instruction des méthodes et outils avec l'ASN et son support technique IRSN, car les études ont été conduites sans une acceptation définitive de ces nouvelles méthodes. En second lieu, je relève les très nombreuses questions posées par l'ASN, pour certaines périphériques, et le délai d'instruction très long (plus de sept ans). Encore une fois,

⁸⁰ Service des Études et Projets Thermiques Et Nucléaires.

comme sur d'autres thématiques, j'estime nécessaire de prioriser avec l'ASN les demandes et les exigences, en termes de contenu et de délais, pour concentrer les équipes de toutes les parties prenantes sur les points à forts enjeux de sûreté.

J'avais souligné en 2012 les difficultés associées au processus de **qualification des matériels aux conditions accidentelles**. L'exploitant a pris l'engagement de démarrer Flamanville 3 avec des matériels qualifiés, dans un contexte plus contraint et sur un périmètre plus large que celui des réacteurs en exploitation :

- évolution des exigences et des matériels par rapport au parc, notamment vis-à-vis des accidents graves et des conditions d'ambiance hors bâtiment réacteur,
- nombre de repères fonctionnels (9500 pour EPR, 4 300 pour N4, 300 notes de synthèse de qualification pour EPR, 200 pour N4),
- portage du dossier de qualification à charge du fabricant, et non plus par l'ingénierie d'EDF SA comme pour les paliers précédents.

Je note **en 2013 un progrès significatif** dans la réalisation des dossiers de qualification, en nombre et en délai, même si quelques dossiers restent difficiles ou si d'autres ont été identifiés tardivement ou ont dû être internalisés. En effet, les difficultés rencontrées par certains fabricants pour maîtriser les différents aspects de la qualification (études, essais, analyses) ont induit un investissement important de l'ingénierie EDF. Ces progrès résultent de la mobilisation des équipes techniques du SEPTEN, du CNEN, des fabricants et des acteurs de projet, sur ce sujet difficile.

Je mesure l'ampleur des travaux restant pour mener à bien cette démarche de qualification. La réalisation d'un bilan final en termes de retour d'expérience nourrira les prochaines réalisations. En principe général, j'estime que confier la démonstration de la qualification au fournisseur, en lien avec le fabricant qui dispose des compétences nécessaires, favorise la recherche de solutions techniques pérennes et robustes en conception et en fabrication. Cette démonstration doit s'appuyer sur des spécifications techniques fonctionnelles établies par l'exploitant et suffisamment explicites. Cela suppose un accompagnement adapté de la part de ce dernier.

La sécurité du travail

J'ai souligné en 2012 l'engagement résolu de la direction de l'aménagement et de ses équipes pour améliorer la sécurité du travail et les résultats déjà obtenus. Je note avec satisfaction la poursuite de cette implication, au moment où le taux de fréquence s'est stabilisé à 10 en 2013.

J'appelle à poursuivre cette **mobilisation managériale** en l'adaptant à cette nouvelle phase où, après la fin du génie civil principal, **travaux et essais désormais se côtoient**. Cette adaptation devra se faire en lien étroit avec les nombreuses entreprises travaillant sur le site.

La préparation de la future exploitation

La participation de l'exploitant à la préparation et à la réalisation des modifications et des essais de démarrage doit être renforcée afin de s'approprier au plus tôt l'installation, ses systèmes et son fonctionnement. Pour autant, je note le turnover élevé du personnel de conduite de 2012 à 2014 (40 %) qui s'explique par le glissement du planning. Cela conduit à compenser par la formation rigoureuse des arrivants, souvent nouveaux embauchés. Je m'interroge sur l'opportunité d'un transfert plus significatif de personnel expérimenté venant de DPN. Au moment du démarrage, 25 % seulement du personnel d'exploitation aura une expérience en dehors de Flamanville 3. Et j'encourage l'exploitant à favoriser au plus tôt un détachement plus important de personnel DPN dans les équipes d'essais de Flamanville 3. Sur ce point, j'ai noté à Taishan la mobilisation impressionnante, en nombre et en compétences, de l'exploitant pour les essais de démarrage.

Pour la sûreté en exploitation, je relève la mise en place, dès la conception, d'un simulateur de formation des équipes, qualifiant très tôt les procédures de conduite. Je note également les échanges sur l'organisation de la conduite, désormais bien établis entre Flamanville 3, Olkiluoto, EDF Energy et Taishan où des représentants exploitation EDF sont détachés.

J'avais relevé en 2012, le travail pour définir l'organisation des équipes de conduite en salle de commande, sur la base initiale d'un opérateur actions et d'un opérateur superviseur. Les deux campagnes d'essais réalisées en 2009-2010 et 2012, avec l'appui renforcé de l'équipe facteurs humains d'EDF R&D, ont conduit l'exploitant et le projet Flamanville 3 à retenir un schéma plus conventionnel avec un opérateur de plus et un superviseur, eu égard notamment aux spécificités de l'EPR (4 trains de sûreté), pour appliquer les procédures d'approche par états (APE). Je considère ce choix raisonnable et propice au partage d'expérience à l'international. Je salue le processus d'évaluation indépendante qui a permis de confronter les avis et de préparer une décision.

LES EPR À TAISHAN EN CHINE

En juillet 2013, j'ai rencontré l'autorité de sûreté NNSA à Pékin et j'ai visité les chantiers des deux réacteurs EPR de Taishan et des six réacteurs de Yang-Jiang, dont deux CPR-1000⁸¹ en phase finale de démarrage. J'ai rencontré le directeur sûreté de CGN, au siège à Shenzhen.



Le chantier de Taishan mi-2013

Ma visite du chantier

Je retiens une coopération des chantiers de Flamanville 3 et de Taishan nettement plus renforcée qu'il y a deux ans, saluée par tous les acteurs rencontrés. La Chine, CGN en particulier, accumule une forte expérience d'essais et d'exploitation avec les mises en service des réacteurs CPR-1000. J'ai rencontré les équipes EDF sur site qui participent activement à la construction et à la préparation de l'exploitation. Le rapprochement avec les équipes chargées de préparer les essais de Flamanville 3 sera très certainement profitable. La coopération entre les futurs exploitants des deux sites conduit à un programme d'échanges équilibré et bien organisé. J'attire cependant l'attention sur l'appui à mobiliser par l'ingénierie d'EDF sur certains points sensibles relatifs à la sûreté en termes d'études, de qualification des matériels et de conduite des essais de démarrage.

Lors de ma visite j'ai constaté que **l'état de conservation des principaux composants nucléaires** (pompes de sauvegarde, générateurs de vapeur...) n'était **pas à un niveau suffisant**. On est loin des standards d'Olkiluoto ou de Flamanville 3. Je me félicite que des actions correctives aient été engagées depuis cette date, en lien avec Flamanville 3.

J'ai noté les études complémentaires en cours sur le risque tsunami et inondation, particulièrement importantes à mes yeux dans le contexte post-Fukushima.

Le contrôle de sûreté à Taishan

J'ai également bien noté l'engagement de CGN à réaliser, avant le démarrage, une revue interne renforcée par des

pairs d'autres sites en démarrage, puis une pré start-up Peer review de WANO et une pré start-up OSART de l'AIEA. Plus généralement, j'encourage CGN dans sa volonté de renforcer son contrôle de sûreté interne, via la mise en place d'une filière indépendante de sûreté sur chaque site et au niveau du parc.

Je me félicite ainsi de la création d'un contrôle indépendant sur le site de Taishan, s'inspirant des pratiques d'EDF. Pour la phase sensible de fin des montages puis pour les essais de démarrage et la mise en exploitation, **je serai particulièrement vigilant sur la qualité du contrôle exercé par la FIS** et sur son écoute auprès des directions.

L'autorité de sûreté chinoise (NNSA)

Je relève par rapport à ma visite de 2009, une montée en puissance significative de l'autorité de sûreté, du fait de la pause du programme nucléaire chinois après Fukushima, pour renforcer son grément face à la charge qui lui incombe. Elle est rattachée au ministère de l'Environnement, ce qui est sans doute un gage d'indépendance par rapport au ministère de l'Énergie. La NNSA a tenu à souligner sa vigilance face aux défauts de qualité de fabrication des composants en Chine. Elle a exprimé, compte tenu de l'avancement du chantier EPR en Chine, sa volonté de se rapprocher de l'autorité de sûreté française.

LES EPR À HINKLEY POINT AU ROYAUME-UNI

Le projet Hinkley Point C

La conception du réacteur a été approuvée par les régulateurs britanniques en décembre 2012, le site nucléaire a obtenu la licence en novembre 2012, le permis de construire est à venir, en lien avec la décision d'investissement. Dans l'hypothèse d'une décision finale de construction, je souligne le **risque de tension à la DIN sur le management des ressources et des compétences** nécessaires d'une part, à la finalisation des études et à la préparation du démarrage de Flamanville 3, d'autre part à son rôle de responsable de conception (responsable designer) pour Hinkley Point C et à son appui pour Taishan.

⁸¹ Réacteurs REP 1000 MWe construits et exploités par CGN.



Le projet Hinkley Point C

Les dates clés du projet Hinkley Point C

- **Juillet 2012** : acceptation par l'Union européenne du dossier au regard des articles 37 (déchets, rejets et environnement) et 41 (notification d'un projet d'investissement) du traité EURATOM.
- **Novembre 2012** : attribution de la licence du site nucléaire de Hinkley pour EDF Energy, NSL (nuclear site licence).
- **Décembre 2012** : acceptation de la conception de l'EPR par l'ONR dans le cadre du GDA (generic design assessment).
- **Mars 2013** : acceptation par le gouvernement britannique du projet de construction et du dossier environnemental DCO (development consent order).
- **Octobre 2013** : accord entre le gouvernement britannique et EDF Energy sur les modalités commerciales, intégrant les opérations de déconstruction.

Le programme EPR au Royaume-Uni a consolidé le plan d'exécution du projet en étroite collaboration avec le projet EPR en France pour s'assurer que les dispositions du projet sont harmonisées. La conception de base est terminée, intégrant toutes les exigences génériques d'évaluation de la conception et de l'intégration du retour d'expérience (REX) de la construction de l'EPR au niveau mondial, notamment Flamanville 3. L'effort est maintenu sur ce programme. Le projet britannique estime que la manière la plus appropriée de procéder est de sécuriser la conception de base, avant de se lancer dans d'importants travaux sur site.

J'attire l'attention sur les conséquences de l'allongement de la durée pour décider un investissement éventuel sur le maintien des compétences. Au vu des constats que

j'ai effectués, je considère qu'il faut **veiller au maintien des compétences sûreté**, notamment du personnel expérimenté, dans les équipes tant d'**EDF Energy NNB** que des **partenaires industriels**. Il convient aussi de fidéliser les plus jeunes, ayant acquis quelques années d'expérience, qui pourraient développer une carrière dans d'autres projets au Royaume-Uni.

La performance des fournisseurs : qualité, sûreté, planning

Certain exemples montrent que le manque d'expérience appropriée, le non-respect de standards et le comportement des principaux partenaires industriels peuvent poser des problèmes de sécurité et de qualité, et affecter le planning du projet. L'initiative d'EDF Energy NNB, **ACE⁸²**, visant à **atteindre l'excellence de la construction** par la formation des compétences et l'intégration d'une culture de la qualité, aidera à réduire ces risques avec l'engagement de l'équipe de projet.

L'EPR AUX ÉTATS-UNIS

L'instruction de la certification de la conception du réacteur EPR aux États-Unis, l'US EPR, par AREVA auprès de la NRC s'est poursuivie en 2013, notamment au titre du retour d'expérience de l'accident de Fukushima. Elle continue en 2014. Je note également la poursuite du processus associé à l'obtention de la licence de construction et d'exploitation (COLA) pour Calvert Cliffs tranche 3, instruite par UNISTAR⁸³.

⁸² *Achievement of Construction Excellence.*

⁸³ *Unistar Nuclear Energy LLC, société du Groupe EDF aux États-Unis.*

MES RECOMMANDATIONS

La charge d'ingénierie induite par une future décision d'engagement de Hinkley Point C va s'accroître. **Je recommande d'établir un plan d'actions ressources-compétences au niveau de la DPI**, permettant d'une part à l'exploitant EDF SA de conduire les travaux restant pour démarrer Flamanville 3, et d'autre part à la DIN d'exercer son rôle de responsable de conception de Hinkley Point C et d'appui à Taishan. **Je considère que Flamanville 3 doit demeurer une priorité au regard de la sûreté en exploitation et pour le bénéfice de la famille EPR.**

La maîtrise de plannings adaptés pour le pilotage du projet et du chantier de Flamanville 3 est un point clé de la conduite de ce projet industriel. **La mise à disposition d'un planning de niveau 2 de qualité et calibré, incluant les essais de démarrage avec les jalons fonctionnels associés, est une priorité pour la sûreté des opérations de démarrage. Des compétences de planification adaptées doivent y être consacrées.**

La validation de la nouvelle organisation de conduite en salle de commande, notamment en conduite incidentelle et accidentelle, constitue un enjeu important pour la sûreté. **J'insiste sur la prise en compte adéquate des attentes des opérateurs et sur la mobilisation de l'ensemble des compétences « facteurs humains et organisationnelles »**, disponibles à EDF SA lors de la poursuite du processus d'évaluation avec les deux campagnes 2013 et 2015.

La DIN et la DPN doivent accorder une importance particulière au grément des équipes d'essayeurs de Flamanville 3. La poursuite du chantier et le démarrage de l'installation constituent de plus une opportunité rare pour les ingénieurs et techniciens de monter en compétences. **J'encourage à poursuivre la coopération entre Flamanville 3 et Taishan 1-2 sur les essais de démarrage.**

9/ LE COMBUSTIBLE, UNE CONTRIBUTION MAJEURE À LA SÛRETÉ



Examen visuel d'un assemblage combustible neuf

Le combustible supporte les trois fonctions majeures de sûreté : la maîtrise de la réactivité, le refroidissement et le confinement.

En France, la diversification de l'approvisionnement en combustible et la prise en compte de nouvelles exigences de souplesse dans l'exploitation du parc imposent à EDF un travail approfondi sur les marges de sûreté. Les dispositions pour traiter les déformations d'assemblage constatées sur plusieurs réacteurs font l'objet d'une grande vigilance. Le renforcement des démarches de propreté nucléaire contribue à la bonne tenue du combustible en exploitation.

DES MARGES DE SÛRETÉ CONSOLIDÉES POUR LES CŒURS MIXTES

En France, la **diversification en combustible** permet de bénéficier des meilleures techniques disponibles au niveau international. Les cœurs mixtes sont constitués de combustibles de fournisseurs différents. De la responsabilité de l'exploitant nucléaire, la démonstration de sûreté consiste à établir un bilan conservatif et complet des marges de sûreté intégrant cette diversification.

EDF SA a renforcé ces dernières années ses capacités d'études et **dispose de la capacité d'expertise** requise pour établir cette démonstration de sûreté. Je relève que cette

expertise porte sur la **connaissance technologique des combustibles** avec leurs caractéristiques métallurgiques, mécaniques et thermodynamiques. Elle porte également sur la **capacité de calcul du comportement du combustible en cœur**, et sur l'analyse des fonctions de sûreté, en situation d'exploitation normale et accidentelle.

Pour l'étude des situations avec des cœurs mixtes et des combustibles de fourniture différente du chaudiériste, je note l'importance de disposer des données d'interface chaudière et des données propres à chaque combustible. Je souligne également l'attention accordée à la représentation et à la simulation des phénomènes thermo-hydrauliques couplés aux phénomènes neutroniques pour bien décrire les phénomènes physiques dans le cœur. Avec des données

d'entrée validées et des méthodes qualifiées, les marges de sûreté doivent être identifiées précisément.

Je note en particulier le travail actuellement engagé par EDF SA afin d'établir des courbes de corrélation plus précises pour évaluer les pertes de charge le long des assemblages et le risque d'ébullition. Les travaux et essais en cours visent à **mieux caractériser les courbes de corrélation de flux critique** aujourd'hui utilisées ainsi que les nouvelles courbes à utiliser pour les nouvelles configurations de combustibles à venir sur les différents paliers.

Je note également l'existence actuelle de **restrictions de durée sur le Fonctionnement prolongé à puissance intermédiaire (FPPI)**, limitant en fin de cycle certaines configurations de variations de charge. Une instruction approfondie des problématiques d'interaction pastille-gaine est engagée de longue date. Je note avec intérêt la recherche d'une approche générique enveloppe pour couvrir les différentes compositions d'assemblages en cœur. Au moment où les énergies intermittentes (éolien, photovoltaïque, hydraulique au fil de l'eau) prennent une place de plus en plus significative dans le système électrique européen, j'estime que la **confirmation des marges de sûreté**, qui permettra d'assouplir, si nécessaire, ces restrictions FPPI est un enjeu important de sûreté. Le retour d'expérience international des exploitants nucléaires exposés à des variations de charge de plus en plus fréquentes va, en outre, se développer.

L'interaction pastille-gaine

Le combustible est contenu dans des assemblages de crayons constitués d'un empilement de pastilles (cylindres d'oxyde d'uranium ou d'oxyde mixte d'uranium et de plutonium, d'environ 0,8 cm de diamètre et de 1 cm de hauteur).

Ces pastilles sont placées dans une gaine en alliage à base de zirconium, de 4 m environ. Cette gaine assure le transfert de la chaleur produite dans le combustible et constitue la première barrière de confinement des produits radioactifs présents dans les pastilles de combustible où ont lieu les réactions nucléaires.

En régime stable, les contraintes thermomécaniques s'équilibrent avec des flux thermiques stables, et le contact demeure établi entre la pastille et la gaine.

Lors d'un transitoire de puissance, les dilations thermiques respectives entre la gaine et les pastilles peuvent induire de nouvelles contraintes thermodynamiques et une diffusion accélérée des produits de fission gazeux dans la pastille combustible. Elles peuvent entraîner un amorçage d'une fissuration locale des gaines, susceptible d'aboutir à une perte d'étanchéité de la gaine.

UNE COMPÉTENCE COLLECTIVE POUR LE SUIVI DES CŒURS EN EXPLOITATION

Le suivi du bon comportement du cœur en exploitation fait l'objet d'une attention permanente. Il porte sur le **suivi de la physique du cœur**. En France, les ingénieries de sites se sont renforcées dans les domaines de la neutronique et de la physique du cœur, avec la création dans chaque site d'ingénieurs études cœur combustible (IECC). La cible de deux IECC par site doit être atteinte en 2014. Je constate lors de mes visites une bonne intégration dans l'ingénierie de site et un lien étroit avec des équipes d'essais montées en compétences ces dernières années et assurant désormais presque l'intégralité des essais physiques sur site. Je constate aussi des relations étroites entre les chefs d'exploitation et les ingénieries IECC, et entre les IECC et le pôle cœur-combustible de l'UNIE.

Je rencontre des **ingénieurs en cœur-combustible particulièrement impliqués** dans l'analyse deuxième niveau des événements d'exploitation concernant la réactivité. En revanche, **les ingénieurs sûreté me paraissent trop en retrait** dans l'analyse de ces événements. J'ai noté en 2013 une plus grande attention de la direction du parc aux événements impactant la réactivité. Cette capacité d'analyse de deuxième niveau disponible sur les sites constitue une force d'appui très importante pour permettre des progrès continus dans la maîtrise des événements concernant la réactivité, notamment dans les transitoires d'exploitation. J'encourage le partage entre sites et avec l'UNIE de ces analyses de deuxième niveau ainsi que la prise en compte de ce retour d'expérience avec l'UFPI pour les formations sur simulateur.

Je salue la communauté combustible, désormais active, qui associe la DCN, la DIN, (le SEPTEN et le CEIDRE en particulier), la DPN et la R&D. Elle constitue un lieu essentiel pour le développement de parcours professionnels apprenants et d'une expertise partagée dans le domaine du combustible et de la physique du cœur. Une telle compétence collective est de nature à permettre de progresser dans les modes d'exploitation des cœurs et de maintenir une très forte vigilance sur les événements potentiellement précurseurs. Je soutiens le partage d'expérience également engagé avec la R&D et avec EDF Energy. J'ai noté la volonté d'intégrer dans cette communauté combustible des compétences de pilotage issues de l'exploitation. L'effort de contractualisation entre l'UNIE et les sites dans une démarche pluriannuelle est positif mais je rappelle que ces compétences sur le process sont très largement demandées. J'encourage les sites à promouvoir ces types de parcours professionnels, en veillant dans le même temps à soutenir leur effort pour constituer des pépinières dans les compétences process (chefs d'exploitation, ingénieurs sûreté...).

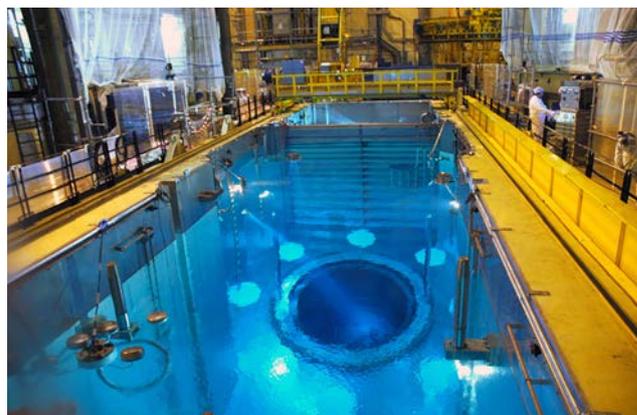
LA PROPRETÉ PRIMAIRE POUR ATTEINDRE LE « ZÉRO DÉFAUT » EN CŒUR

Concernant le comportement du combustible en cœur, je note en France une très forte réduction du taux de défaillance depuis trois ans. La fabrication et la fiabilité du combustible M5 fourni par AREVA se sont améliorées. Le déploiement du M5 va pouvoir progressivement se généraliser et s'accélérer. Le parc va pouvoir bénéficier aussi du bon comportement du combustible ZIRLO de fourniture Westinghouse. Je souligne à ce titre **l'amélioration de la résistance à la corrosion** des deux matériaux de gainage, M5 et ZIRLO qui vont progressivement se substituer au Zircaloy 4. Je demeurerai attentif à ce que l'innovation et la diversification des fournisseurs de combustible continuent à contribuer à l'amélioration du comportement du combustible en exploitation.

Le « **zéro défaut** » sur la tenue de la gaine n'est cependant pas encore obtenu en France, mais **l'objectif est proche**. En 2013, 93,1 % de réacteurs sont sans défaut. Dans le même temps, le parc américain obtient de meilleurs résultats, avec 98,5 % de réacteurs sans défaut. Aux États-Unis, les exploitants ont bénéficié du *fuel reliability program* de l'EPRI, qui a permis de mieux comprendre les phénomènes et mieux les maîtriser à la source. En France, la surveillance et la caractérisation ne permettent pas encore de piéger toutes les causes d'endommagement. Les défauts génériques de conception ou de fabrication des combustibles apparaissant désormais maîtrisés, la présence dans le circuit primaire de corps migrants non issus du combustible est de nature à expliquer une grande partie des événements constatés sur le combustible. Si des dispositifs de filtration existent au sein du circuit primaire, des corps migrants peuvent en effet endommager mécaniquement les combustibles, provoquer de petites irrégularités locales dans les écoulements thermohydrauliques, voire perturber la chute d'une grappe. De telles petites anomalies d'écoulement, mêmes mineures, peuvent induire de nouveaux phénomènes métallurgiques, thermiques ou neutroniques qu'il faut savoir caractériser et suivre, ce qui peut générer de nouvelles contraintes pour l'exploitant. La recherche de **la suppression de tout corps migrant** dans le circuit primaire contribue également à diminuer le terme source des éléments susceptibles d'être activés en transitant à travers le rayonnement du cœur. Une telle exigence sur la propreté nucléaire contribue donc également à la radioprotection.

Je rappelle en conséquence l'importance de maintenir un très haut niveau d'exigences sur la **propreté nucléaire**, lors de l'ouverture d'organes du circuit primaire, et l'intérêt des démarches FME (Foreign Material Exclusion)

pour les chantiers à proximité de tels organes ou des piscines. Je constate sur les sites des démarches FME parfois trop banalisées. J'estime que la propreté nucléaire dans ces configurations de « circuit primaire ouvert » doit relever d'un même degré d'exigence et de vigilance, pour les intervenants du groupe EDF et les prestataires. Ces exigences me paraissent du même ordre que celles attendues pour la propreté d'une salle d'opération chirurgicale « à cœur ouvert », où les facteurs potentiels d'infection doivent être piégés à la source.



Piscine d'un bâtiment réacteur en arrêt de tranche

UNE VIGILANCE RENFORCÉE SUR LES DÉFORMATIONS D'ASSEMBLAGES COMBUSTIBLE DE CERTAINS RÉACTEURS

Je demeure très attentif au traitement des problèmes de déformation de plusieurs assemblages combustible dans certains réacteurs en France. Ces déformations **augmentent les temps de chute de grappe** depuis plusieurs années sur certains réacteurs des paliers 1 300 MWe et N4, sans remettre en cause à ce stade les critères de sûreté, sauf pour un réacteur en 2010. Une surveillance rapprochée a été organisée dès 2011 pour progresser dans la compréhension des phénomènes de déformation d'assemblages à l'origine de cette évolution des temps de chute de grappe. Une attention particulière est accordée à Nogent 2, avec la spécificité GALICE⁸⁴, qui présente les déformations les plus importantes. Je note à ce stade, pour l'ensemble des réacteurs concernés, que la corrélation n'est pas clairement établie entre les déformations des assemblages, leurs caractéristiques métallurgiques et mécaniques, et leur environnement thermohydraulique ou neutronique. Des modifications apportées à la raideur mécanique des assemblages semblent améliorer la situation mais leur efficacité doit être appréciée sur la durée.

Au regard des **enjeux de sûreté, les déformations d'assemblages combustible doivent faire l'objet de la**

⁸⁴ Un des modes de gestion du combustible sur le palier 1 300 MWe.

plus haute attention, avec l'implication du fournisseur, également chaudieriste. Je souligne également l'impact sur le chargement et le déchargement, avec le risque d'accrochage d'éléments et d'atteinte à l'intégrité du combustible. De plus, toute reprise du plan de chargement appelle à de nouveaux calculs et à des modifications des gammes d'exécution et de contrôle des opérations de chargement. De telles modifications réalisées en temps réel ne peuvent pas bénéficier de la même robustesse de préparation et exigent en conséquence des parades complémentaires dans le contrôle et la surveillance, ce qui est loin d'être neutre pour l'exploitant.

J'ai noté l'attention accordée au retour d'expérience international sur cette problématique, notamment aux États-Unis et en Suède. Je constate que la France est quasi la seule depuis 2000 à mesurer systématiquement sur tous les paliers le temps de chute des grappes en fin de cycle. Cela est positif au regard de l'évaluation de nos propres marges de sûreté par rapport aux pratiques internationales. Le retour d'expérience sur les assemblages 14 pieds, développés pour l'essentiel en France sur les paliers 1 300 MWe, N4 et EPR, bénéficiera d'abord à ces trois paliers. Dans l'attente d'une résolution plus complète et de solutions correctives pérennes, la diversification permet, au moins sur le palier 1 300 MWe, de disposer d'une solution de rechange.

LA FIABILITÉ RENFORCÉE DES MANUTENTIONS DU COMBUSTIBLE

Je note en France un **bon entraînement des équipes** qui ont fait l'objet d'un grand renouvellement. Le CETIC⁸⁵ est un centre d'entraînement bien utilisé et reconnu comme pertinent. Je constate la très forte réactivité des équipes face aux déformations d'assemblage, la **fiabilité renforcée de la chaîne de manutention du combustible (PMC)** suite aux modifications réalisées et la diminution des arrachements de grilles d'assemblage suite à la modification des géométries d'assemblage. Par ailleurs, je déplore l'**attention insuffisante** de trop nombreux sites en France à la qualification des équipes **aux procédures incidentelles I-PMC⁸⁶**, malgré les recommandations répétées de l'Inspection nucléaire.

UNE EXPERTISE AD HOC POUR LE COMBUSTIBLE DES RÉACTEURS AGR

Au Royaume-Uni, le combustible des réacteurs graphite-gaz d'EDF Energy est unique. Deux phénomènes sont

rencontrés à ce jour sur ce combustible. Ils illustrent l'importance de maintenir une compétence combustible de qualité pour les réacteurs AGR, avec un retour d'expérience dynamique entre tous les réacteurs AGR.

- Un phénomène de **dépôt de carbone** graphite associé à des changements des conditions d'échange thermique en surface de gaine. Des restrictions de puissance pour mieux l'appréhender ont dû être adoptées pour certains réacteurs. Le dépôt de graphite a été supprimé par le dépôt d'une couche pré-oxydée sur les nouveaux combustibles.
- Un phénomène de **dégradations mécaniques par frottement**, dû à la conception soudée des grilles supports des combustibles. Un nouveau mode d'usinage des grilles dans la masse a permis de créer une forme de grille adaptée, supprimant à la source ces frottements et les risques de percement de la gaine. L'ensemble du parc AGR sera mis à niveau à partir de 2014.

La fiabilité de la chaîne du combustible, fuel route, demeure un **point de vigilance** sur les réacteurs AGR par la spécificité de cette chaîne et la singularité de chaque site. Je soutiens l'effort d'EDF Energy pour renforcer la fiabilité de la chaîne combustible, avec une nécessaire vigilance pour le maintien de compétences *ad hoc* sur la durée de fonctionnement des AGR.

UNE EXIGENCE DE QUALITÉ TOUT AU LONG DU CYCLE DU COMBUSTIBLE

J'ai visité l'usine d'enrichissement d'uranium Georges-Besse 2 et l'usine MELOX. J'ai noté le très haut niveau de technologies déployées dans ces deux usines et la nécessaire attention d'EDF sur les dispositions assurant la qualité de fabrication des combustibles MOX⁸⁷ destinés à son parc. J'ai noté à ce titre l'importance de la surveillance d'EDF et du dialogue technique approfondi à chaque nouvelle évolution du process de fabrication.

J'ai également visité les usines de Sellafield, seules installations à pouvoir assurer le retraitement aval du combustible usé des réacteurs AGR d'EDF Energy.

Je retiens de l'ensemble de ces visites l'importance pour **l'exploitant nucléaire** de demeurer **présent tout au long du cycle du combustible**, de l'amont à l'aval, pour porter ses exigences de qualité et les faire respecter.

⁸⁵ Centre d'Expérimentation et de validation des Techniques d'Intervention sur Chaudière nucléaire à eau.

⁸⁶ Consigne incidentelle dans la chaîne de manutention du combustible.

⁸⁷ Mixte-Oxyde, combustible nucléaire formé d'un mélange d'oxyde, d'uranium et d'oxyde de plutonium.

MES RECOMMANDATIONS

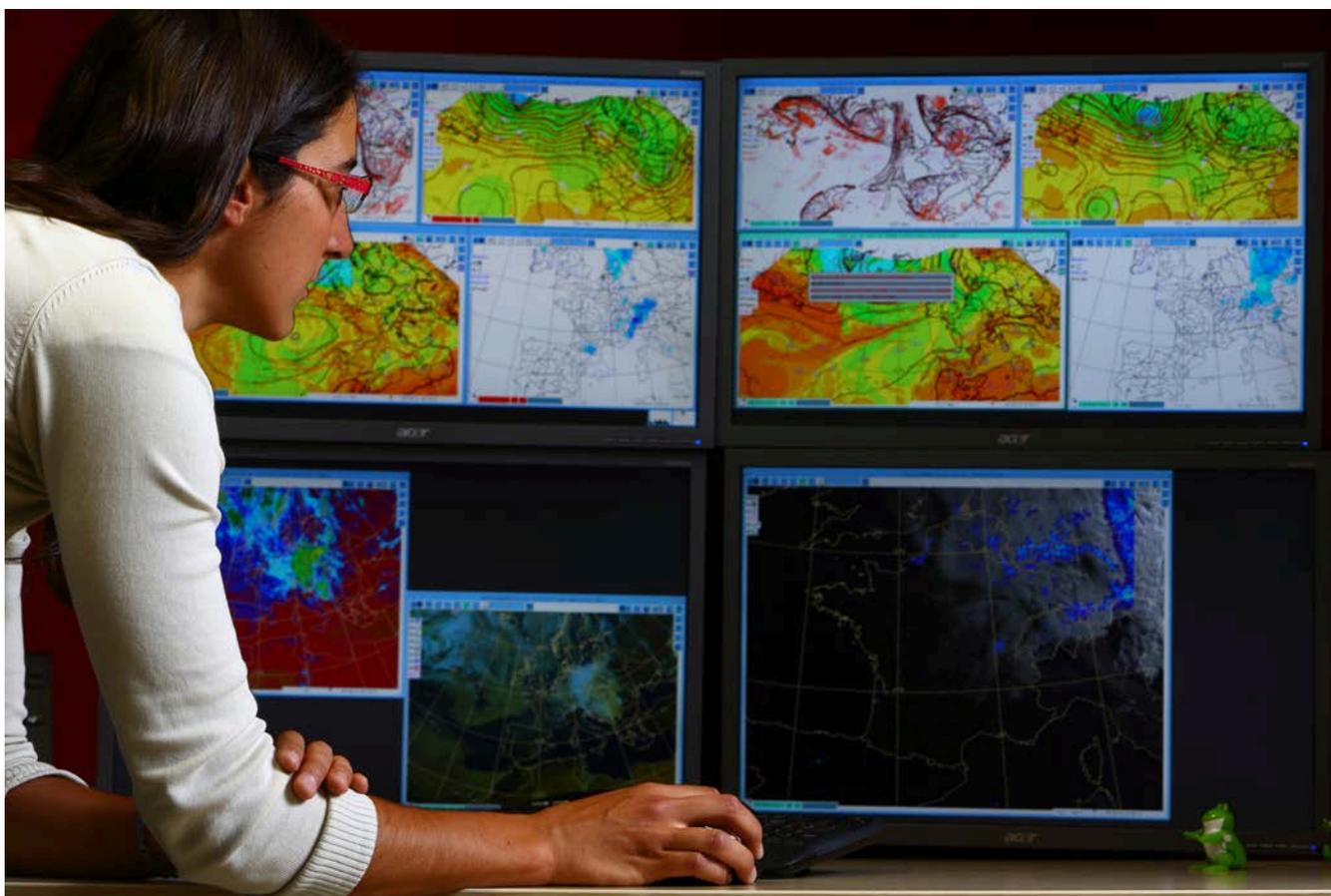
Compte tenu des enjeux de sûreté potentiels, **je considère important de maintenir, en France et au Royaume-Uni, une très grande vigilance sur le traitement des déformations d'assemblages, en associant étroitement les fournisseurs de combustible.** Les causes profondes des phénomènes aujourd'hui encore non clairement identifiées, doivent être recherchées sans relâche, *via* une surveillance rapprochée de l'exploitant, et les parades adaptées déployées avec célérité.

Au vu du gain pour la sûreté et de la disponibilité de solutions industrielles alternatives, **j'appelle à la substitution rapide du combustible Zircaloy 4** dans les réacteurs du parc en France.

L'évolution du contexte énergétique impose **de nouvelles exigences pour le suivi de charge.** Je recommande de **maintenir en France des capacités d'études et d'expertise adaptées à ces nouvelles exigences, d'intégrer le retour d'expérience international et de veiller à la préservation des marges de sûreté.**

J'invite les directions des sites à porter plus fermement les exigences de propreté nucléaire, en déployant pleinement la démarche FME.

10/ LA RECHERCHE - DÉVELOPPEMENT : UN LEVIER POUR ANTICIPER



Simulations numériques pour études climatiques

Avec une amélioration continue des connaissances et des techniques d'observation et de modélisation, la R&D permet d'intégrer de nouvelles exigences de sûreté, et de consolider des hypothèses de dimensionnement et des modes d'exploitation.

Elle contribue à anticiper le comportement dans le temps des matériels et des structures et à mieux appréhender les phénomènes naturels exceptionnels.

Les études menées sur les facteurs humains et organisationnels en lien avec la conception d'exploitation contribuent à renforcer la robustesse et l'efficacité des modes d'exploitation.

UNE CONSOLIDATION DES MARGES DE SÛRETÉ POUR L'ALLONGEMENT DE LA DURÉE DE FONCTIONNEMENT

La R&D contribue à établir des **diagnostics précis sur l'état des composants et des matériels** et à mieux comprendre et à maîtriser les mécanismes de vieillissement. Elle permet ainsi à l'exploitant de se forger des **pronostics** et d'éclairer les points clés de sûreté pour l'allongement de la durée de fonctionnement des réacteurs.

La cuve et l'enceinte de confinement, éléments majeurs pour la sûreté des centrales à eau pressurisée, ne sont pas remplaçables et leur durée de vie conditionne en grande

partie au plan technique la durée de fonctionnement des réacteurs.

Le vieillissement de la cuve résulte de sa fragilisation sous irradiation. La connaissance précise des marges de sûreté disponibles a donc une importance de premier ordre. Les actions de R&D assurent une **compréhension fine des phénomènes** métallurgiques, mécaniques, neutroniques et thermohydrauliques ainsi qu'une modélisation précise des phénomènes et de leurs interactions. Cette année, on m'a présenté les actions complémentaires pour améliorer et justifier le réalisme des modélisations sur les marges concernant la cuve. Elles proposent **des méthodes intégrant à la fois l'approche déterministe** exigée par

le contexte réglementaire français, et une méthode de traitement des incertitudes, s'appuyant sur une approche statistique issue du **retour d'expérience international**. Ces différentes actions permettent une évaluation plus fine des marges de sûreté et une meilleure compréhension des facteurs consommateurs de marge, en complémentarité avec les études de sûreté. Elles contribuent ainsi à la **confirmation des marges** dans la perspective de la prolongation de la durée de fonctionnement des réacteurs. Elles permettent également de dégager de nouvelles marges et de cibler les mesures complémentaires éventuelles (surveillance technique renforcée en exploitation ou dispositions préventives), par exemple optimisation des plans de chargement pour diminuer l'exposition de l'acier de la cuve au rayonnement.

Pour les enceintes, j'ai noté le début de la construction en août 2013 sur le site EDF des Renardières, d'une **maquette démonstrative** à l'échelle 1/3, représentative d'une enceinte du palier 1 300 MWe. Cette maquette baptisée VeRCors⁸⁸ est un projet piloté par la DIN, en coopération avec DPN, DTG⁸⁹ et EDF R&D. Elle permettra de mieux appréhender le **comportement dans le temps du béton**, avec une analyse en profondeur des facteurs susceptibles de faire évoluer son étanchéité.

Pour les réacteurs AGR, la R&D contribue également à l'analyse du **comportement dans le temps du graphite** et des **échangeurs de chaleur du caisson réacteur**. Elle apporte une évaluation des marges de sûreté, au regard de la durée de fonctionnement des réacteurs, et définit les mesures complémentaires de surveillance et d'expertise nécessaires pour **conserver les marges de sûreté dans le temps**.

Pour le graphite, un petit nombre de fissures a été observé sur les briques de quelques réacteurs. Le dossier de sûreté permet une limite de 10 % de briques fissurées dans le cœur et démontre l'absence d'effet falaise jusqu'à une fissuration de 30 %. Les analyses de sûreté menées par EDF Energy confirment le caractère acceptable de ces fissures en exploitation. Pour approfondir l'analyse de sûreté, des tests de vieillissement et de performances avec des briques fissurées sont menés en laboratoire. Un partage d'expérience est également assuré avec les experts russes de ROSATOM⁹⁰ disposant d'une expérience reconnue sur le comportement du graphite. A l'université de Bristol, une expérimentation avec un modèle à l'échelle 1/4 du cœur se poursuit jusqu'en 2014. Ces essais sont nécessaires pour modéliser et extrapoler le comportement de ce modèle réduit à l'ensemble du cœur.

LA MISE À JOUR DES CHAÎNES DE CALCUL DES CŒURS, UN ENJEU POUR LA SÛRETÉ EN EXPLOITATION

Une refonte importante de la chaîne de calcul des cœurs pour l'exploitation est engagée. Elle a une dimension très opérationnelle et industrielle, au rythme des opérations de chargement-déchargement. Elle permet d'établir les plans de chargement des cœurs en exploitation et les démonstrations de sûreté associées à chaque renouvellement de combustible. Elle permet également d'assurer la mise à niveau des paramètres des chaînes de protection du cœur en fonction de l'avancement dans les cycles de combustible. Les enjeux de sûreté sont directs sur les fonctions de maîtrise de la réactivité et du refroidissement.

La rénovation de cette chaîne de calcul du cœur est un long processus qui s'achèvera en 2019. Il implique conjointement les centres d'ingénierie de la DIN, de la DPN ainsi qu'EDF R&D. Ce travail très important repose sur la mise en série de simulations numériques qui doivent fonctionner ensemble, **à une échelle industrielle**, en associant des domaines à très haut degré de spécialisation, thermohydraulique et neutronique, notamment. **La validation des données d'entrée, la qualification des logiciels et la robustesse de l'architecture d'ensemble** constituent des enjeux de sûreté majeurs où la R&D apporte une contribution déterminante. Les compétences acquises par la DIN dans le cadre du projet RCE⁹¹ pour reconstituer des capacités internes d'études dans les domaines thermohydraulique et neutronique constituent un atout important pour la maîtrise d'ensemble. Je souligne à ce stade l'importance à questionner le plus en amont possible les actions de formation et d'appropriation des nouveaux outils pour le calcul des cœurs en exploitation, avec l'aide de la DIN (SEPTEN) et d'EDF R&D, **en associant étroitement les opérationnels concernés**.

⁸⁸ Vérification Réaliste du Confinement des Réacteurs.

⁸⁹ Division Technique Générale

⁹⁰ Agence fédérale de l'énergie atomique russe.

⁹¹ Projet Renforcement de la Capacité des Etudes porté par DIN-SEPTEN.

Le projet Renforcement des capacités d'études (RCE)

Il s'appuie sur un protocole conclu en 2009 par EDF et AREVA et autorise EDF à s'appropriier les données, méthodes et outils de calcul d'AREVA, avec un droit explicite de modification et d'usage. Piloté par la DIN, ce dispositif permet à EDF :

- d'accroître son autonomie par rapport au chaudiériste et aux fournisseurs de combustible, pour réaliser des études de sûreté dans le domaine des accidents ou du comportement mécanique et s'assurer de la maîtrise des marges de sûreté dans la diversification des combustibles,
- de pouvoir justifier des matériels autres que ceux du chaudiériste d'origine AREVA (générateurs de vapeur, combustible),
- de maintenir une compétence d'analyse physique et de développement d'outils afin de préserver sa capacité à surveiller les études confiées à AREVA et les développements d'outils et de méthodes indépendamment des fournisseurs,
- pour les études à fort enjeu de sûreté réalisées par AREVA, de réaliser des études indépendantes avec des outils et des données de qualité équivalente à ceux du chaudiériste ou du fournisseur du combustible,
- de préparer le remplacement et la mise à niveau des codes de la chaîne de calcul des cœurs en exploitation.

DES OUTILS DE SIMULATION EXPÉRIMENTALE POUR LES PHÉNOMÈNES NATURELS EXCEPTIONNELS

J'ai visité à Chatou dans les laboratoires d'EDF R&D, les maquettes utilisées pour les essais de simulation de grandes tempêtes sur des sites en bord de mer, de fleuve ou de canal. J'ai noté l'**étude de situations exceptionnelles** de grande houle, intégrant le retour d'expérience national et international ainsi que les hypothèses induites par les **conséquences potentielles, dues à l'effet de serre**.

Dans les actions de R&D, la confrontation permanente entre les simulations et les résultats expérimentaux est une source de questionnement et de progrès. Ainsi, je considère que le **couplage entre simulation numérique et simulation expérimentale** est indispensable à la démonstration de sûreté. Plus largement, la confrontation permanente entre les observations *in situ* liées au retour d'expérience en exploitation et les résultats de la R&D, dans la **rigueur de la méthode scientifique**, maintient ouverte et entretient une **attitude interrogative** dans la démarche. L'approche scientifique vient ainsi **consolider la démarche de sûreté de l'exploitant**.



Maquette de la prise d'eau de Paluel (EDF R&D, Chatou)

LES MUTATIONS DU SYSTÈME ÉLECTRIQUE APPELLENT À UNE VIGILANCE REDOUBLÉE

L'augmentation constatée des émissions de CO₂ et l'alerte renouvelée en septembre 2013 par les scientifiques du GIEC⁹² sur ses conséquences potentielles (fortes tempêtes, inondations extrêmes, sécheresses de grande ampleur, etc.) imposent une vigilance redoublée sur l'évolution des **phénomènes naturels exceptionnels** et leur caractérisation.

De plus, les systèmes électriques interconnectés se transforment, avec une part de plus en plus significative d'énergies intermittentes et une interconnexion européenne, qui se développe encore insuffisamment par rapport aux besoins. L'année 2013 a été marquée par **des prix de marchés négatifs constatés dans quelques tranches horaires sur plus d'une dizaine de jours en Europe de l'Ouest**, dus aux excédents de production non maîtrisés. **Révélatrice d'un déséquilibre du système électrique**, une telle situation peut fragiliser la sûreté nucléaire par une perte des sources électriques externes, **susceptible de survenir en cas de black-out du réseau**. En outre, l'accroissement significatif des variations de charge peut venir affecter les marges de sûreté. J'estime qu'il est de la responsabilité de la DIN et de l'exploitant de caractériser ce risque, avec l'appui d'EDF R&D.

⁹² Groupe Intergouvernemental sur l'Évolution du Climat (ONU).

MIEUX PRENDRE EN COMPTE LE FACTEUR HUMAIN ET ORGANISATIONNEL

Je souligne avec satisfaction la prise en compte du facteur humain et organisationnel dans les activités de recherche. En effet, la sûreté dépend autant des dispositions humaines et organisationnelles prises en exploitation que des dispositions techniques prises à la conception. Ainsi, l'intégration des conditions d'exploitation et de maintenance, le plus en amont possible au moment de la conception, constitue un élément clé dans la démonstration de la robustesse de la sûreté des ouvrages.

Les facteurs sociétaux et technologiques peuvent eux-mêmes induire des changements dans la prise en compte du facteur humain. La diffusion des nouvelles technologies de l'information, la compréhension des situations physiques réelles, la distance potentielle entre représentations virtuelles et réalité physique, **les nouveaux regards sur la perception du risque**, les nouveaux modes de travail collaboratifs sont autant de nouvelles données à intégrer à l'approche sûreté des facteurs humains et organisationnels. Cette approche doit permettre de dégager de nouveaux facteurs potentiels de risques, de détecter des causes profondes nouvelles dans des situations anormales d'exploitation et aussi de faire émerger de nouvelles parades, permettant à l'exploitant lui-même de **mieux détecter les précurseurs** et d'améliorer la sûreté. Elle fait émerger de nouveaux leviers d'action, mieux adaptés à un contexte évolutif et intégrant des éléments de retour d'expérience, captés à l'international ou dans d'autres industries à risque.

Je regrette que les divisions opérationnelles ne saisissent pas davantage de ce levier pour identifier les actions les plus pertinentes au regard des enjeux de sûreté, pour l'exploitation courante, pour des situations complexes impliquant de très nombreux acteurs comme les arrêts de tranche, ou pour des situations de crises incidentelles ou accidentelles. Je m'étonne, par exemple, qu'EDF SA n'ait pas mobilisé son expertise facteurs humains et organisationnels autour de l'accident de Fukushima.

UNE APPROCHE TRANSVERSALE MULTI-COMPÉTENCES INDISPENSABLE

La robustesse des hypothèses à prendre en considération dans les études de sûreté ainsi que la qualification des modèles de calcul et de simulation sont deux éléments fondamentaux de la démonstration de sûreté.

Si la maîtrise d'une expertise dans chaque domaine est primordiale, j'estime que le travail multispécialités

et multicompetences est également un élément très important. Ainsi le travail conjoint entre les domaines de la métallurgie, de la mécanique, de la neutronique et de la thermohydraulique est essentiel pour bien appréhender la complexité des différents phénomènes et leurs interactions dans les réacteurs.

Je tiens à souligner l'intérêt de **l'approche complémentaire entre l'ingénierie et la R&D**. Si EDF R&D peut initier par elle-même des actions de recherche pour dégager en amont de nouvelles voies, j'estime que **le travail collaboratif** entre les divisions opérationnelles, en premier lieu DIN et DPN, commanditaires des programmes de recherche, et EDF R&D, qui qualifie les méthodes de calcul ou réalise les travaux de recherche, constitue un élément clé pour la pertinence des travaux.

Conduite de Flamanville 3 : la prise en compte du facteur humain

Les travaux d'EDF R&D ont permis de valider la nouvelle organisation de la conduite en salle de commande de l'EPR de Flamanville 3. Les compétences FH et organisationnelles ont su se faire entendre dans ce processus d'évaluation.

Les différentes solutions envisagées ont été évaluées en profondeur *via* un travail avec les exploitants et les centres d'ingénierie. Ce travail valide la conception d'ensemble des moyens de conduite et contribue à la démonstration en cours auprès de l'ASN.

Les campagnes d'évaluation FH ont été engagées dès 2009 pour s'assurer du fonctionnement sûr et efficace des couplages hommes-machine-consignes-organisation. Le rôle des opérateurs de conduite initialement envisagé (un seul opérateur action et un opérateur superviseur) n'a pas été retenu au profit d'une organisation comportant un opérateur action supplémentaire.

DES MOYENS LOURDS S'APPUYANT SUR DES PARTENARIATS EXTERNES

Je note une **dynamique active de renouvellement** et de mise à jour de nos accords de partenariat, avec nos partenaires historiques en France, CEA, AREVA, et avec nos partenaires internationaux. Je note ainsi le rôle de leader d'EDF pour les essais d'irradiation sur les équipements internes des réacteurs où, après avoir initié des travaux expérimentaux, elle a associé des **partenaires européens et américains**. Je note également le rôle moteur d'EDF SA dans la coopération de programmes

européens de recherche à travers NUGENIA⁹³ et une coopération active de longue date avec l'EPRI et le laboratoire national d'Argonne aux États-Unis.

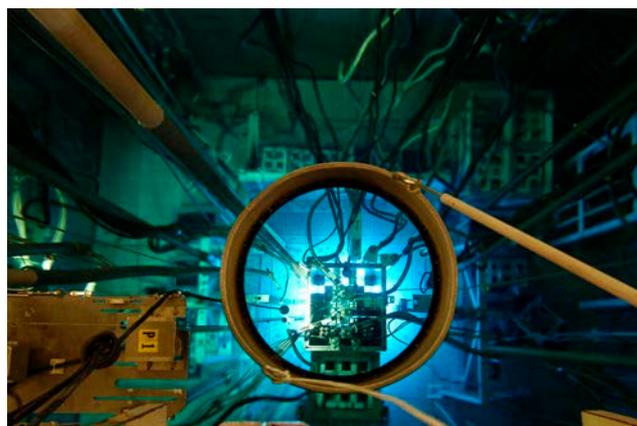
Créé en 2014, **l'Institut Tripartite CEA, AREVA et EDF SA** accentuera la coordination des programmes de R&D sur son périmètre : l'amélioration de l'efficacité des ressources et le renforcement des projets définis en référence à des objectifs industriels explicites. EDF SA travaille également avec les experts de l'IRSN sur des projets de recherche en amont des choix de conception et sur des sujets n'appartenant pas au champ du licencing.

Je souligne également l'importance du **Materials Ageing Institute (MAI)** créé par EDF SA avec les principaux exploitants nucléaires en 2008 pour partager et accroître la connaissance des phénomènes de vieillissement des matériaux. Les membres associés de l'institut représentent les deux tiers de la puissance nucléaire installée dans le monde.

On m'a présenté l'état des lieux des **moyens expérimentaux pour les études de sûreté et la validation des codes de calcul**. L'examen a porté en particulier sur les moyens expérimentaux relatifs au comportement des matériaux sous irradiation, à la thermo-hydraulique et à la neutronique, au regard des programmes de recherche engagés ou prévus. J'ai noté le volume et la disponibilité actuelle des moyens techniques et humains engagés en interne et avec nos partenaires. Je constate une forte mobilisation de tous les acteurs et, à ce stade, **l'absence d'alerte sur le court ou le moyen terme**. Ainsi, pour l'étude des matériaux sous irradiation, notamment pour l'acier de cuve et les internes, j'ai bien

⁹³ Nuclear GENERation II and III Association - Association internationale pour la coopération en R&D en Europe en vue de l'amélioration de la sûreté et de la fiabilité des centrales nucléaires, rassemblant environ 60 membres.

noté les rôles du réacteur OSIRIS à Saclay, du futur réacteur Jules-Horowitz⁹⁴ (RJH) à Cadarache et d'autres réacteurs en Norvège (réacteur HBWR⁹⁵ à Halden) et en Russie.



Le réacteur de recherche OSIRIS (CEA, Saclay)

J'estime que le travail en amont, avec le monde académique et des partenaires externes en France et à l'international, constitue un élément clé pour **bénéficier des meilleures connaissances** actuelles et maintenir une **attitude ouverte de questionnement**. Le travail au niveau international permet de **mutualiser les efforts de recherche**, de développer un très haut niveau de compétences et de faire reconnaître la pertinence des analyses et contributions des équipes du groupe EDF.

Je souligne toute l'importance des **parcours professionnels croisés** pour favoriser la diffusion de la connaissance en allant de la R&D aux métiers, et réciproquement, pour imprégner la R&D de la réalité de l'expérience industrielle. Je note que le premier mouvement est bien établi dans la durée, mais demeure fragile en sens inverse.

⁹⁴ Jules Horowitz : physicien nucléaire français, fondateur de l'Institut de recherche fondamentale du CEA (1921-1995)

⁹⁵ Halden Boiling heavy Water Reactor.

MES RECOMMANDATIONS

Au regard de l'importance pour la sûreté des actions de R&D, **je recommande de maintenir une attention forte sur la disponibilité des ressources techniques, humaines et financières** pour l'interne et pour les partenariats externes.

Il est important de **favoriser des parcours professionnels croisés** entre EDF R&D et les divisions métiers du Groupe.

Je recommande de consolider la pépinière que constitue EDF R&D pour les métiers de la DPI et de renforcer le retour vers EDF R&D, de compétences clés dotées d'une expérience industrielle.

Avec la profonde mutation du système électrique européen, **je souligne la nécessité de maintenir une attention soutenue à l'appréciation du risque sûreté induit par des instabilités potentielles du réseau électrique.**

Je m'étonne qu'EDF SA n'ait pas encore mobilisé son expertise facteurs humains et organisationnels autour de l'accident de Fukushima et de ses enseignements, notamment pour sa propre organisation de crise.

Plus généralement, **j'encourage les directions opérationnelles à développer leurs commandites dans le domaine des facteurs humains et organisationnels.**

11/ JAPON : LA SÛRETÉ EN RECONSTRUCTION



Centrale nucléaire d'Ikato

Le groupe EDF est engagé au plus haut niveau pour prendre en compte le retour d'expérience de l'accident nucléaire japonais.

Dans ce cadre, une visite du site accidenté de Fukushima Daiichi et de centrales prévoyant de redémarrer prochainement sont des éclairages précieux.

Par ailleurs, les évolutions de l'organisation de la sûreté au Japon méritent une attention particulière.

Je me suis rendu au Japon en septembre 2013, pour la première fois après l'accident de la centrale de Fukushima Daiichi que j'ai visitée. Cette mission avait deux objectifs. D'une part, je souhaitais rencontrer des exploitants confrontés directement ou indirectement au traumatisme de l'accident de Fukushima et prendre connaissance des évolutions matérielles et organisationnelles de sûreté. D'autre part, j'ai été attentif à l'évolution de l'organisation de la nouvelle autorité de sûreté (NRA⁹⁶), du JANSI⁹⁷ et du contrôle de sûreté. Pendant cette mission, j'ai également porté une attention particulière aux conditions de redémarrage du parc nucléaire japonais. Je me suis ainsi rendu sur les sites de Takahama, qui appartient au groupe KANSAI Electric, et d'Ikato, exploitée par SHIKOKU Electric ainsi qu'au siège de TEPCO⁹⁸ à Tokyo.

L'énergie nucléaire au Japon

L'électricité d'origine nucléaire représentait 20 % de la production électrique du Japon avant l'accident de Fukushima. Depuis septembre 2013, les 50 réacteurs de technologies PWR ou BWR sont tous à l'arrêt. La part des combustibles fossiles dans la production d'électricité est passée de 48 % à 72 % depuis l'accident. Le déficit commercial a pratiquement triplé sur l'année et les combustibles fossiles représentent 35 % des importations. Le retour au pouvoir du parti libéral démocrate, le LPD, a été confirmé par les élections de juillet 2013. Ce parti affiche une orientation plutôt favorable au nucléaire, ce qui fait espérer aux exploitants le redémarrage de 14 réacteurs dans une première phase. Ce sont les plus récents et ceux qui devraient être en mesure de satisfaire aux nouvelles normes de sûreté. Une réforme drastique du secteur de l'électricité, comptant actuellement dix compagnies, est annoncée.

⁹⁶ Nuclear Regulation Authority.

⁹⁷ Japan Nuclear Safety Institute.

⁹⁸ Tokyo Electric Power Company.

LA NRA, UNE AUTORITÉ DE SÛRETÉ JAPONAISE EN REFONDATION

C'était la première fois que je rencontrais l'autorité de sûreté nucléaire japonaise après sa mise en place dans sa forme actuelle, il y a près d'un an, le 19 septembre 2012. Forte de plus de 500 personnes, elle veut continuer à se renforcer avec, notamment, l'intégration en 2014 de son plus important appui technique, le JNES⁹⁹ qui compte aussi 500 personnes. **L'autorité affiche son indépendance** et est désormais rattachée au ministère de l'Environnement.

Son renforcement récent s'est fait avec l'arrivée de nombreuses nouvelles recrues qui doivent encore affermir leur expérience des problématiques nucléaires pour permettre à la NRA de monter en puissance. **Des prescriptions techniques et organisationnelles** ont été édictées, en juillet 2013, comme conditions préalables au redémarrage. Elles sont à ce stade **très exigeantes** pour les deux types de réacteurs et plus sévères que celles de la NRC aux États-Unis pour les BWR¹⁰⁰. Je relève en particulier l'exigence d'une ventilation et de filtres pour dépressuriser le bâtiment réacteur en cas d'accident. Je note également la limitation de la durée de fonctionnement des réacteurs existants à 40 ans, sauf dérogation, ce qui peut condamner de nombreuses installations.

A la suite des incidents de 2013 sur le site de Fukushima Daiichi, les interférences et les interventions de la NRA et du gouvernement se sont multipliées. La situation est délicate, aussi bien pour l'autorité de sûreté que pour l'exploitant TEPCO et devrait, à mon avis, conduire à repréciser le rôle de chacun, en réaffirmant bien la responsabilité première de l'exploitant en matière de sûreté nucléaire.

Lors de mes échanges avec les exploitants japonais, j'ai eu l'occasion d'évoquer la situation avant Fukushima. J'ai mesuré la lourdeur de la charge induite alors par les très nombreuses demandes de l'ancienne autorité de sûreté (NISA), sans priorisation et faisant ainsi perdre de vue les principaux enjeux de sûreté à toutes les parties prenantes. Du côté de la NRA, j'ai perçu une volonté de **limiter le dialogue avec les exploitants** pour éviter toute compromission. A vouloir paraître exemplaire et totalement indépendant, je pense que la sûreté risque d'en pâtir. Il est difficile de s'affranchir des réalités techniques et industrielles exprimées par les exploitants responsables de cette sûreté. En France, malgré les difficultés du moment, la vigueur et la permanence du dialogue technique entre EDF SA et ASN est un gage de progression de la sûreté.

Message du Président de la NRA, M. Shunichi Tanaka

"We must not forget hard-learned lessons from the accident of Fukushima Dai-ichi Nuclear Power Station; we must be jealous in protecting NRA's organizational independence and earnest in keeping its operational transparency; we should be careful not to consort with electric utilities and other interest groups; and we will be tireless in our efforts to improve our regulatory measures so that Japan's nuclear regulation standards will be among the world's highest."

LE JANSI, UNE INITIATIVE DES EXPLOITANTS JAPONAIS

Le 15 novembre 2012, l'institut technologique JANTI a été transformé en institut de sûreté : le JANSI. Avec plus d'une centaine de représentants de l'industrie nucléaire, il a pour objectif d'évaluer les sites et de soutenir les exploitants nucléaires par des propositions ou des recommandations dans le domaine de la sûreté.

La cible annoncée est d'aider les exploitants à exercer pleinement leurs responsabilités, quitte à aller au-delà des exigences de la NRA. En lien avec WANO, le JANSI apporte un appui aux exploitants dans la préparation des évaluations par la NRA des conditions de redémarrage des premiers réacteurs (12 PWR¹⁰¹ et 2 BWR à la fin de l'été 2013), avec un processus du même niveau d'exigence que celui qui est utilisé pour les nouveaux réacteurs (*pre start-up Peer reviews*).

L'engagement des exploitants nucléaires dans le grément du JANSI est important (160 ingénieurs) et l'ouverture sur l'international significative, avec une dizaine d'Américains et un directeur d'EDF SA-DPI comme conseiller extérieur. J'ai également relevé un appel vers l'Europe pour renforcer encore l'internationalisation de cet institut.

JANSI a pour ambition de créer au Japon l'équivalent de l'INPO aux États-Unis. Il a demandé officiellement à WANO à reconnaître à terme ses évaluations de sûreté comme équivalentes aux Peer Reviews. Je mesure le chemin à parcourir pour atteindre cet objectif. Parmi les conditions de réussite, je souligne l'importance de l'engagement de chacun des CEO des compagnies japonaises et d'un leadership particulièrement affirmé à la tête de JANSI, à l'image de celui de l'INPO. Le très fort soutien de WANO sera également indispensable pour réussir.

⁹⁹ Japan Nuclear Energy Safety organization.

¹⁰⁰ Boiling Water Reactor.

¹⁰¹ Pressurized Water Reactor.

J'ai mesuré le rôle joué par les constructeurs de chaudières nucléaires (Toshiba et Mitsubishi). Les justifications techniques apportées aux questions de conception sont, pour l'essentiel, de leur ressort. Le nombre et la taille **des exploitants**, à l'exception peut-être de KANSAI et de TEPCO, les ont rendus **totalemt dépendants de l'ingénierie de ces constructeurs**, les seuls à même de proposer et de réaliser des modifications. Les exploitants ne me semblent pas avoir le poids nécessaire pour faire valoir leur maîtrise d'ouvrage et exercer ainsi pleinement leur responsabilité.

FUKUSHIMA DAIICHI, UNE VISITE MÉMORABLE

J'ai d'abord été impressionné par le travail titanesque engagé pour assainir les zones agricoles et les villages de la zone d'exclusion. A l'extérieur du site, une forte circulation de personnes et de voitures est déjà observée dans la partie libre d'accès durant le jour. L'arrivée sur le site fait l'objet d'une protection et d'une surveillance radiologique particulièrement bien organisées. J'ai été marqué par **les conditions de travail des 3 000 intervenants sur le site**, qui restent difficiles. Le risque de contamination impose le port d'un masque intégral et d'un vêtement de protection, pénibles à supporter en période estivale, ce qui conduit notamment à travailler de nuit. De plus, ces masques rendent malaisée la communication entre les intervenants. Un effort est conduit pour élargir la zone où ces moyens de protection ne seront plus nécessaires. Je tiens à souligner la motivation des personnes rencontrées, pour faire face à de telles conditions quotidiennes de travail.



Réacteur 4 de la centrale de Fukushima Daiichi, mi 2013

J'ai également mesuré l'ampleur de la difficulté à gérer des centaines de milliers de m³ d'eau contaminée et à parvenir à un refroidissement en boucle fermée des trois cœurs fondus, aujourd'hui stabilisés en température.

Un travail considérable a été fait pour **déblayer les débris extérieurs liés au tsunami** et aux explosions d'hydrogène ainsi que pour préparer l'évacuation du combustible usé du réacteur 4 (1 535 assemblages). Après l'achèvement d'une couverture complète de ce réacteur, l'évacuation du combustible s'est engagée début novembre 2013, dans le

respect du programme initial. J'ai observé la construction, presque achevée, d'un mur d'étanchéité dans les bassins du port pour limiter la contamination des eaux marines. La maîtrise des arrivées d'eau sur le site et le traitement des eaux contaminées demeurent une préoccupation majeure dont les exploitants nucléaires devront tirer un retour d'expérience précieux.

Je mesure tout le travail qui reste à faire, notamment les travaux autour des trois cœurs fondus qui prendront des dizaines d'années.

J'ai aussi mesuré la difficulté de TEPCO pour communiquer, en conciliant transparence, pragmatisme et sérénité autour d'une opération qui va durer des décennies. Cette difficulté, pour un exploitant déjà peu habitué à ce type d'exercice, est accrue par les interférences incessantes des autres parties prenantes : NRA, gouvernement et gouverneurs régionaux. Dans ce contexte, la mise en perspective coordonnée du déroulement des opérations m'apparaît souhaitable.

Aller sur le terrain pour comprendre les difficultés et échanger sur le retour d'expérience est très précieux pour l'industrie nucléaire mondiale et les exploitants. En concomitance avec notre démarche, j'ai noté la visite d'une importante délégation de chefs nuclear officers (CNO) des exploitants américains sur les sites de Fukushima Daiichi et Daini¹⁰². **Je ne peux qu'encourager la direction du Groupe et les directeurs d'unités nucléaires à en faire autant.**

TEPCO, LE TEMPS DES RÉFORMES

TEPCO, dont les deux sites de Fukushima sont condamnés à une fermeture définitive, peut espérer redémarrer uniquement les tranches les plus récentes de son troisième site, Kashiwazaki Kariwa. Pour autant, de mon entretien avec les responsables de la sûreté de TEPCO, j'apprécie les profondes réformes engagées dans le management de la sûreté et le contrôle interne. Au-delà des modifications techniques déjà très engagées, son organisation a été refondue avec la création, en mai 2013, d'**une inspection interne de la sûreté**, le NSOO¹⁰³. Cette équipe d'une vingtaine d'ingénieurs particulièrement expérimentés est dirigée par un Britannique et par l'ancien directeur de la centrale de Fukushima Daini. Le témoignage de ce dernier sur la gestion de l'accident m'a fortement impressionné. Fin 2013, une WANO *corporate Peer review* de TEPCO a été réalisée, spécifiquement tournée vers la culture de sûreté de l'entreprise et les améliorations apportées par les réformes internes. Les résultats seront présentés en 2014.

¹⁰² Fukushima Daini : centrale nucléaire (4 réacteurs BWR 1100 MWe) située à 10 km au sud de la centrale de Fukushima Daiichi.

¹⁰³ Nuclear Safety Oversight Office.

TAKAHAMA ET IKATA, DEUX SITES CANDIDATS AU REDÉMARRAGE

La centrale de Takahama¹⁰⁴ est l'une des centrales qui espèrent redémarrer prochainement un réacteur. Elle fait partie du groupe KANSAI, le plus important exploitant japonais de réacteurs REP, avec lequel EDF a noué de longue date un partenariat technique. Des travaux importants ont été entrepris : protection anti-tsunami, installation de moyens mobiles importants (pompes, diesels, canons à eau pour le refroidissement, etc.), création d'un centre de gestion de crise et mise en place des recombineurs d'hydrogène. Des travaux sont prévus pour mettre un filtre sur les événements des enceintes et améliorer, entre autres, la protection incendie. Les **évolutions matérielles** pour répondre aux exigences de l'autorité de sûreté ont été **anticipées** et vont, pour certaines, **au-delà de ce qui est requis**.

La tenue de la centrale de Takahama est remarquable pour un site de bord de mer dont le premier réacteur a démarré en 1977. Le moral des 2 000 personnes du site, à l'arrêt depuis près de trois ans, semble porté par la perspective d'un redémarrage redevenu envisageable pour les réacteurs 3 et 4 (PWR mis en service en 1985). Mais plus l'attente sera longue, plus le risque de démobilisation sera grand.



Centrale de Takahama

Je retiens les trois objectifs affichés clairement par la direction :

- renforcer la défense en profondeur par des dispositifs nouveaux,
- aller au-delà de la réglementation exigée,
- renforcer la sûreté en s'ouvrant davantage au monde extérieur.

La centrale d'Ikata¹⁰⁵, située sur l'île de Shikoku, ne fait pas partie d'un grand groupe, à la différence de la précédente. Ses trois tranches assuraient 30 % de sa production électrique alors que la part du nucléaire chez les autres exploitants était voisine de 20 %. Le site, peu sensible au risque de tsunami par sa position géographique, est néanmoins équipé d'importants moyens mobiles, récemment déployés. Des modifications ont également

été réalisées pour installer des recombineurs d'hydrogène, aménager un nouveau centre de crise et améliorer l'étanchéité des locaux électriques (portes, passages de câbles).

Je retiens que cet exploitant, avec un seul site, **a dégagé les moyens de faire les investissements nécessaires** et les réalise rapidement. Le site est bien tenu et le redémarrage du réacteur le plus récent, l'unité 3, un PWR de 890 MWe mis en service en 1994, est attendu.

J'ai relevé que le site est assez ouvert sur l'extérieur. Une coopération de vingt ans avec EDF SA est évoquée et a été suspendue à cause de l'accident de Fukushima. J'ai bien noté la volonté exprimée de la relancer.

Dans ces deux centrales, j'ai été frappé par l'attitude des exploitants rencontrés, qui mettent clairement en avant les nombreuses modifications d'équipements et qui ont amélioré leurs installations. *A contrario*, je relève qu'à côté de cet effort matériel considérable les dispositions pour la sûreté en exploitation, la culture de sûreté ou les évolutions d'organisation gagneraient à être développées. Par exemple, la préparation du redémarrage après plus de trois ans d'arrêt appelle une formation spécifique des personnels d'exploitation et des évolutions d'organisation. Sur ce plan, je souligne **l'intérêt d'un contrôle de sûreté indépendant chez chacun des exploitants**, au-delà du rôle futur du JANSI, à l'image de ce qui est fait par TEPCO.

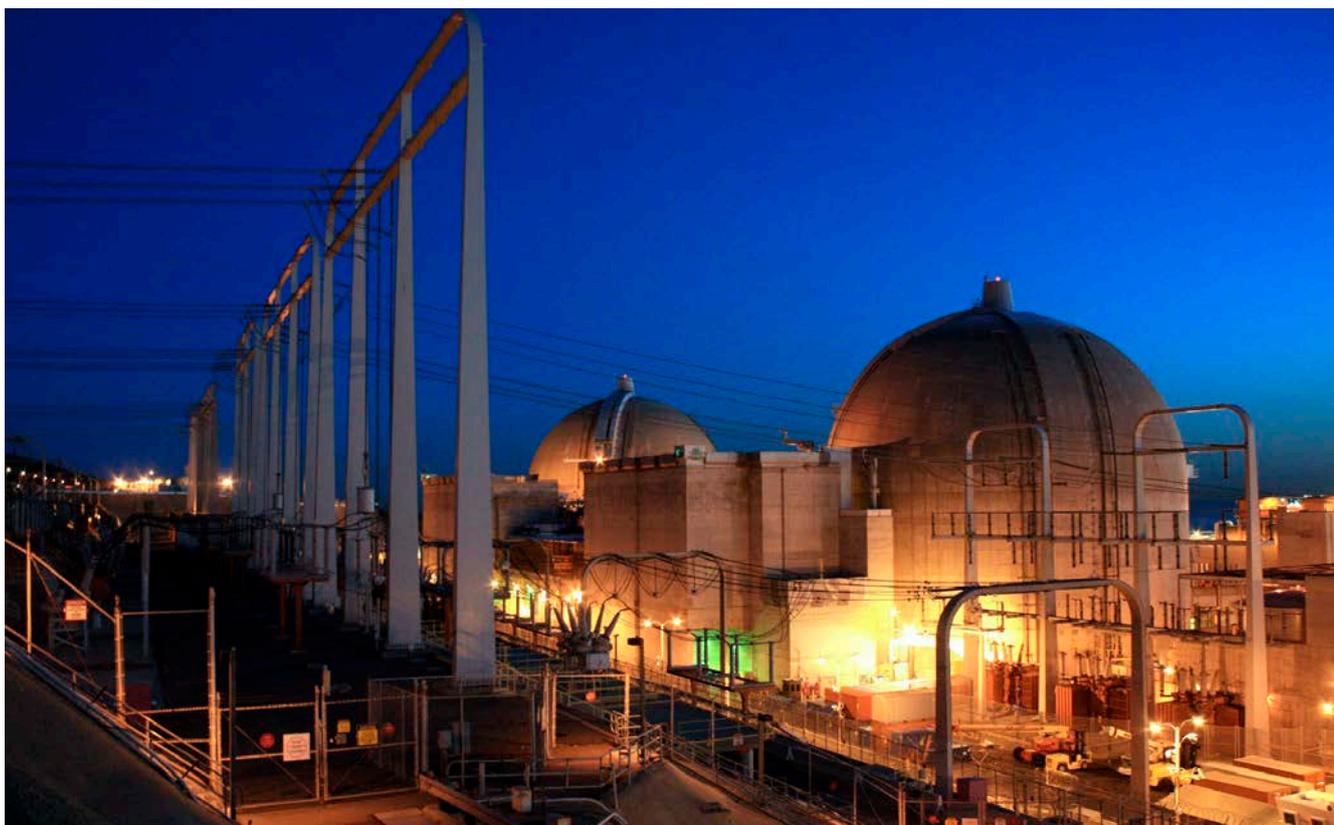
AIDER LE NUCLÉAIRE JAPONAIS À SE RECONSTRUIRE

La garantie de la sûreté d'un site accidenté comme celui de Fukushima concerne toute la communauté nucléaire internationale et pourrait profiter d'**une coopération renforcée**. Après Tchernobyl, toute la communauté internationale s'est mobilisée, il semble que ce soit moins le cas après Fukushima, le Japon paraissant plus isolé. Pour autant, je note que le centre WANO de Tokyo, fragilisé lui aussi, bénéficie d'un renforcement de compétences venues des autres centres internationaux de WANO. Plus généralement, cette région a bénéficié d'une augmentation de son grément en compétences. Le rapprochement avec JANSI facilitera les synergies. Je relève également la contribution de l'AIEA, de personnalités internationales du monde nucléaire et d'organismes tels que l'INPO.

¹⁰⁴ 4 réacteurs REP 900 MWe, au nord de Kyoto.

¹⁰⁵ 2 réacteurs REP 600 MWe et un réacteur REP 900 MWe.

12/ DES ÉVÉNEMENTS D'EXPLOITATION MARQUANTS



Centrale nucléaire de San Onofre (États-Unis)

Les événements retenus cette année portent sur les grands métiers de l'exploitation lors des arrêts de tranche et sur la maîtrise de la conception des installations par l'exploitant nucléaire.

De natures très différentes, ils mettent en lumière la nécessité de consolider sans relâche la culture de sûreté et les lignes de défense organisationnelles et humaines.

UN TRANSITOIRE MAL MAÎTRISÉ EN ARRÊT DE TRANCHE

Les faits

L'arrêt annuel du réacteur REP 900 MWe pour maintenance et renouvellement du combustible est effectif depuis deux jours. Le circuit primaire principal est dépressurisé et la vidange de ce circuit est en cours pour permettre ensuite l'ouverture de la cuve et le déchargement des assemblages de combustible.

Cette manœuvre d'exploitation est un transitoire considéré comme sensible, car reposant sur des lignes de défense essentiellement humaines. Elle conduit à un état du réacteur, cœur chargé, avec un faible inventaire en eau dans le circuit primaire principal assurant le refroidissement du combustible. Le niveau d'eau minimum prescrit par les spécifications techniques, dénommé « plan de joint cuve »

(PJC, autour de 10,20 m), garantit le bon refroidissement du cœur en cas d'accident de perte d'eau survenant dans cet état (brèche primaire) ou de perte du circuit de refroidissement du réacteur à l'arrêt.

Au cours du poste du matin, la vidange au niveau PJC est engagée. Lorsque le niveau d'eau dans la cuve atteint 12,80 mètres, l'intercomparaison des deux capteurs de mesure du niveau d'eau dans la cuve, les capteurs 1 et 2, est réalisée. Elle est conforme à l'attendu. Les opérateurs en salle de commande, parmi d'autres activités, lancent les opérations de lignage du capteur 1, et les confient à deux des agents de terrain de l'équipe de conduite, sans accompagnement particulier. Ce lignage, assurant notamment la purge du capteur, doit permettre de garantir son bon fonctionnement pour la suite de la vidange, phase au cours de laquelle il est considéré comme seul capteur représentatif. Le risque de rendre indisponible le capteur, en ne le purgeant pas, n'est pas connu des opérateurs et des agents de terrain intervenant.

Ces opérations sont ensuite réalisées à partir d'une procédure incomplète (absence d'une fiche de manœuvre). La vanne de purge n'a pas été ouverte, ce qui a rendu la mesure du capteur 1 non représentative. Les agents de terrain relèvent certaines incohérences dans le mode opératoire qu'ils appliquent mais ne poussent pas assez loin leur attitude interrogative et considèrent l'activité réalisée comme attendue. Les opérateurs ne peuvent pas se rendre compte de cet écart depuis leur salle de commande. La communication de fin d'intervention entre ces derniers et les agents de terrain n'est pas assez explicite pour identifier le problème créé. La vidange du circuit primaire est donc poursuivie jusqu'au niveau 10,60 mètres, en dessous du niveau 10,68 mètres requis pour ouvrir la cuve (dépose du couvercle).

Au cours du poste de nuit, les opérations de mise en configuration des équipements préalables à l'ouverture de la cuve conduisent à ouvrir la vanne de purge du capteur 1, amenant instantanément la valeur du niveau, mesurée en salle de commande, de 10,60 m à 11,10 m. L'écart entre le capteur 1 et le capteur 2 dépasse alors 65 cm, ce qui n'alerte pas outre mesure les opérateurs en salle de commande, ce dernier capteur n'étant pas considéré comme représentatif dans cette plage de niveau. Une analyse de cet écart est néanmoins réalisée par les opérateurs et confrontée à celle du chef d'exploitation (CE). Au vu de la concordance des analyses, le CE décide de vidanger le circuit primaire pour ramener le niveau autour de 10,60 m, lu sur le capteur 1. Cette analyse n'est pas confrontée à celle d'un appui externe à l'équipe (ingénieur sûreté, astreinte conduite, etc.). La vidange conduit à abaisser le niveau d'eau dans le circuit primaire principal en dessous du niveau requis PJC. Au cours du poste suivant, de matin, ni l'équipe de conduite ni l'ingénieur sûreté, lors de leurs évaluations de sûreté respectives ne détectent cet écart, considérant les informations délivrées par le capteur 1 comme la référence dans cet état.

Au cours du poste d'après-midi, le chef d'exploitation s'interroge sur la discordance entre les informations délivrées par les capteurs 1 et 2 (toujours plus de 50 cm d'écart). Il sollicite les techniciens du service automatismes pour un diagnostic. Après examen des capteurs, ces derniers confirment le doute sur le bon fonctionnement du capteur 1 (présence anormale d'eau dans le dispositif de mesure). En début de poste de nuit, et après validation de la stratégie d'intervention par l'astreinte direction, ils purgent complètement le capteur 1. Celui-ci indique désormais la valeur réelle de niveau d'eau dans la cuve, soit 10,12 m, en dessous du niveau requis PJC.

Les opérateurs de conduite réalisent ensuite un appoint d'eau au circuit primaire, qui repasse ainsi au-dessus du niveau requis (PJC) en milieu de poste de nuit. La durée de fonctionnement en deçà de la spécification aura été

d'un peu plus de 24 heures. Le réacteur est à nouveau conforme aux STE, avec un inventaire en eau suffisant dans le circuit primaire.

Aucune dégradation du combustible n'a été détectée au cours de ce transitoire. Cet incident n'a donc eu aucune conséquence réelle en matière de sûreté nucléaire, tant pour l'environnement que pour le personnel de la centrale.

Mon analyse

• Une opération sensible mal préparée et mal conduite

Je relève **une préparation insuffisante** entre les opérateurs en salle de commande et les agents de terrain, chargés de la réalisation des opérations dans le bâtiment réacteur. Cette activité, pourtant identifiée comme sensible, n'a pas été mise en relief parmi les nombreuses autres activités à engager dans cet état depuis la salle de commande. **Elle n'a pas fait l'objet d'un pré-job briefing**, pratique de fiabilisation des interventions pourtant attendue en pareil cas. L'identification ou le rappel des risques vis-à-vis de la sûreté n'ont ainsi pas été explicités et l'absence d'une fiche de manœuvre n'a pas non plus été identifiée par ce moyen. Je note également l'absence d'autres pratiques de fiabilisation, comme la communication sécurisée et le débriefing après intervention, privant les intervenants de lignes de défense organisationnelles solides en pareil cas. Je m'interroge enfin sur **l'attitude interrogative insuffisante** des intervenants face à des situations anormales (fiche de manœuvre manquante, absence d'écoulement sur la purge du capteur).

• Un effet tunnel

L'analyse de l'incohérence des mesures délivrées par les deux capteurs de niveau a été réalisée par les seuls acteurs de l'équipe de conduite de nuit et sans méthodologie précise. Elle s'appuie sur les expertises de chacune des personnes présentes mais ne remet jamais en cause la représentativité du capteur incriminé. Si je relève la réalisation de deux analyses indépendantes entre les opérateurs d'une part, et le chef d'exploitation d'autre part, je note également **l'absence d'appel à des appuis extérieurs** à l'équipe de conduite (ingénieur sûreté ou astreinte instrumentation). Leur plus-value est pourtant forte en pareilles circonstances, quand chaque acteur risque de se focaliser sur un même objet ou mode de raisonnement, par un phénomène bien connu des exploitants dénommé « effet tunnel ». Ce phénomène s'illustre encore lors des évaluations de sûreté de l'équipe du matin et de l'ingénieur de sûreté, qui n'ont pas non plus relevé l'écart, considérant ensemble le capteur mal ligné comme une référence absolue.

- **Un chef d'exploitation qui remet en question les certitudes**

Je me félicite de l'attitude interrogative du chef d'exploitation, qui n'hésite pas à remettre en cause le consensus technique établi et confirmé sur les deux postes précédents. Son appel à une analyse externe délivrée par le service automatismes réglera l'aléa. J'encourage les sites à **reconnaître et à développer, à froid, ce type d'attitudes professionnelles.**

- **Une appropriation insuffisante des phénomènes physiques et des risques associés**

J'attire l'attention sur l'importance à accorder à la bonne connaissance des risques sûreté liés à ce type de transitoire. Les conséquences potentielles sur le refroidissement du réacteur à l'arrêt sont en effet importantes, compte tenu du faible inventaire en eau dans la cuve dans cet état et de la forte puissance résiduelle du cœur. De plus, si leur mise en œuvre peut sembler rustique (vidanges, lignage de capteurs, suivi de niveaux), les phénomènes hydrauliques en jeu sont parfois difficiles à bien appréhender en temps réel et requièrent attention et méthode. J'encourage les sites à **ne jamais banaliser ce type de transitoire**, en insistant toujours sur la formation et sur une organisation du travail utilisant pleinement les pratiques de fiabilisation. Je souligne également la nécessité de disposer pour ces manœuvres de modes opératoires précis et complets, faciles d'utilisation et porteurs de sens.

En conclusion, cet événement met en lumière le besoin de progresser dans la préparation et la réalisation des activités sensibles, de renforcer encore les lignes de défense organisationnelles et d'encourager les attitudes interrogatives.

L'identification précise des risques par les intervenants et le recours aux pratiques de fiabilisation pendant l'intervention méritent une attention particulière. Je considère que la démarche dite « transitoire sensible » existant sur les sites apporte toutes les garanties voulues (identification des risques, définition des parades, rôles et responsabilités des acteurs, méthodes), pour autant qu'elle soit systématiquement utilisée.

Le bon fonctionnement des lignes de défense organisationnelles, notamment celle constituée par l'ingénieur sûreté, doit faire l'objet d'une grande vigilance de la part des directeurs de sites. Ceux-ci doivent également **savoir protéger l'expression des attitudes interrogatives dans les opérations d'arrêt de tranche**, souvent soumises à de fortes tensions opérationnelles.

UNE ERREUR HUMAINE À L'ORIGINE D'UNE PERTE DE REFOUILLISSEMENT DU COMBUSTIBLE EN CŒUR EN ARRÊT DE TRANCHE

Le contexte

Un réacteur BWR de 600 MWe est mis à l'arrêt pour rechargement du combustible. Le lendemain, la tranche est en arrêt à froid. Dans cet état le confinement primaire n'est plus assuré (la tuyauterie d'évent sur le couvercle est déposée), l'eau est au niveau de la bride de cuve du réacteur, le détensionnement des goujons du couvercle de la cuve est en cours. Un essai périodique (EP) se déroule en même temps (simulation de grosse brèche, et de perte des sources externes). Conformément à la procédure d'EP, une seule des trois pompes de refroidissement est en fonctionnement, celle du train protégé, pour évacuer la puissance résiduelle. Les deux autres sont à l'arrêt, disjoncteurs ouverts, mais disponibles, avec des agents de terrain à proximité. Aucun dispositif automatique d'injection d'eau dans le cœur ou de remise en service du refroidissement n'est disponible.

Les faits

Un intervenant prestataire ouvre la porte d'une armoire électrique courant continu lors d'une visite préalable à une opération de maintenance, ce qui entraîne mécaniquement le déclenchement du tableau des batteries A. La ligne A est ainsi mise hors tension. Le prestataire, entendant le déclenchement des disjoncteurs, se rend compte qu'il n'est pas intervenu sur la bonne armoire et en informe immédiatement la salle de commande. La perte de courant continu génère un ordre invalide d'arrêt de la seule pompe de refroidissement en marche, sur température élevée. Mais sans ce courant continu, le disjoncteur ne s'ouvre pas et la pompe continue à fonctionner et à refroidir le cœur. Cette perte entraîne aussi une aspersion de l'enceinte, quelques mètres cubes, requérant son évacuation.

Les opérateurs en salle de commande n'identifient pas le signal invalide de demande d'arrêt de pompe, malgré les informations disponibles.

Deux tentatives de restauration de l'alimentation courant continu échouent à partir du disjoncteur de batteries A, vingt minutes après le début de l'événement. Une troisième tentative est faite à partir d'autres batteries B qui alimentent, momentanément, en courant continu, conduisant à l'arrêt de la seule pompe en fonctionnement. Celle-ci s'arrête sur le signal invalide

envoyé précédemment et demeuré actif. L'alimentation courant continu de la pompe est de nouveau défaillante car la protection mécanique est toujours engagée. Les opérateurs mettent plusieurs minutes à détecter la perte du refroidissement du réacteur à l'arrêt, car aucune alarme n'a informé de l'arrêt de la pompe. Ils l'ont identifiée en observant la baisse de la température aval du système de refroidissement du réacteur à l'arrêt, la chaleur résiduelle n'étant plus évacuée. Les deux pompes de refroidissement disponibles sont ensuite démarrées.

La perte inattendue d'une partie de l'alimentation en courant continu du contrôle commande de la puissance aura conduit à une perte totale des moyens de refroidissement de 17 minutes, conduisant à une température de l'eau de 63 °C, soit une augmentation de température de 16 °C, avec un temps à ébullition inférieur à 2 heures et un temps à découverte du cœur estimé à 9 heures. La durée de l'événement aura été de 1 heure 30 minutes environ.

Aucune dégradation du combustible n'a été détectée au cours de ce transitoire. Cet incident n'a donc eu aucune conséquence réelle en matière de sûreté nucléaire, tant pour l'environnement que pour les personnels de la centrale.

Mon analyse

J'ai retenu cet événement car il illustre une nouvelle fois **l'importance des facteurs humains et organisationnels et des pratiques de travail**. Il pointe aussi une faiblesse de plusieurs **lignes de défense** dans le management du risque pour la sûreté. Enfin, il rappelle l'attention à accorder à l'analyse globale du REX relatif aux **transitoires sensibles** : ici, dans des conditions d'arrêt de tranche, combustible en cuve avec puissance résiduelle élevée, où la maîtrise du risque sûreté est largement dépendante du diagnostic et des actions des opérateurs en salle de commande et des intervenants dans l'installation. Les leçons à tirer de cet événement concernent de nombreux paramètres dont un défaut de maîtrise peut affecter la fonction de sûreté de refroidissement : l'organisation, notamment en arrêt de tranche, en termes de préparation et de réalisation des activités, les pratiques de fiabilisation, les procédures de conduite et plus globalement la maîtrise de la configuration (documentation, systèmes, matériels, etc.). **Tout d'abord, une erreur humaine associée à une rigueur d'exploitation insuffisante est à l'origine de l'événement.** La porte du disjoncteur n'aurait pas dû être ouverte par l'intervenant prestataire. Si une information sur la porte indique que le disjoncteur manœuvre quand celle-ci est ouverte, des barrières

temporaires et des avertissements n'étaient pas en place localement pour identifier le tableau électrique à protéger et pour demander d'appeler la salle de commande pour être autorisé à y pénétrer. Des axes de progrès s'en déduisent : par exemple, contrôler localement l'application des procédures, baliser, accompagner les intervenants sur le terrain afin d'identifier les équipements sensibles en matière de déclenchement au regard des activités de maintenance à réaliser. Plus généralement, je souligne qu'une analyse de risques sûreté, de qualité et suffisamment appropriée par les intervenants, la prise en charge et l'accompagnement de l'intervenant prestataire par l'exploitant, le pré-job briefing, le professionnalisme de l'intervenant dans sa capacité à vérifier qu'il intervient sur le bon équipement constituent des points fondamentaux d'ancrage de la culture sûreté en exploitation.

Plusieurs lignes de défense de sûreté ont montré des faiblesses significatives sur le fond :

- en matière d'organisation, si la sécurisation de la première phase de l'arrêt de tranche a bien été identifiée en amont de l'arrêt par l'équipe de sûreté, je note que ses recommandations pour réaliser certains travaux plus tard sur l'arrêt, comme l'EP, n'ont pas été prises en compte dans le planning d'arrêt,
- la réalisation de l'essai dans ces conditions n'a pas été identifiée comme un transitoire sensible et n'a donc pas fait l'objet d'une préparation adaptée, avec identification des risques et des parades associés à d'éventuels dysfonctionnements,
- la prévention de l'erreur humaine à l'origine de l'incident,
- en matière de procédures de conduite, la gestion de la perte puis de la restauration du courant continu, avec les risques associés aux ordres non valides émis en cas de perte et les incertitudes d'état des matériels à la remise sous tension, devrait s'appuyer sur des procédures de qualité, des documents d'aide fournissant aux opérateurs l'ensemble des matériels concernés, car le diagnostic de la situation d'une perte de source contrôle-commande peut ne pas être simple. Par exemple, une anticipation exhaustive des conséquences potentielles en matière de déclenchement de matériels ou d'ordres invalides aurait aidé les opérateurs,
- certaines dispositions, comme les verrouillages mécaniques et les automatismes, nécessitent une formation préalable accrue des acteurs de maintenance ou de conduite, au plan fonctionnel,
- la conduite de l'événement requiert d'anticiper au plus tôt les stratégies de mitigation pour éviter une situation dégradée. Ici, la perte totale du refroidissement du cœur. La mise en service des pompes disponibles aurait pu intervenir plus tôt dans la séquence, si les opérateurs en salle de commande avaient identifié un risque de perte de la seule pompe en service, lors de la restauration du courant continu.

DE LA NON-MAÎTRISE DE LA SÛRETÉ À LA CONCEPTION À LA FERMETURE D'UN SITE DE PRODUCTION NUCLÉAIRE

Les faits

Le 31 janvier 2012 aux États-Unis, une fuite primaire–secondaire dans un générateur de vapeur (GV) est diagnostiquée par les opérateurs de la salle de commande du réacteur 3 (GV2) à eau sous pression de San Onofre à 100 % de puissance, avec un débit de fuite évoluant jusqu'à 13 l/h. Cet évènement d'exploitation est bien maîtrisé par l'équipe de conduite, le GV concerné est isolé 3 heures après, un refroidissement rapide est réalisé pour rejoindre l'arrêt à froid. La dose estimée du rejet est très faible (400 pico Sv).

Le réacteur 3 est dans son premier cycle d'exploitation, après le remplacement de ses GV (RGV) en janvier 2011. Le réacteur 2 est en arrêt pour rechargement après 20 mois d'exploitation, premier arrêt après le remplacement de ses GV réalisé en janvier 2010.

Les deux réacteurs (1172 MWe) sont de conception Combustion Engineering (CE) et ont démarré en 1983 et 1984. Ils possèdent seulement deux boucles primaires et deux GV chacun construits par CE. Les GV de remplacement sont de conception Mitsubishi Heavy Industry. Ils comptent 9 727 tubes de 19 mm de diamètre et 1,05 mm d'épaisseur, 142 rangées, 177 colonnes, selon un pas triangulaire, avec un jeu de 6,35 mm entre tubes.

Les nombreuses investigations réalisées *in situ* (inspections, tests de pression sur certains tubes...) ont mis en évidence de nombreux tubes présentant des pertes d'épaisseur dues à une usure mécanique (700 à 900 tubes par GV), en particulier sur le réacteur 3, avec pour chaque GV 120 à 165 tubes présentant une usure supérieure à 50 % (plaque de supportage, tube à tube, barres anti-vibratoires). C'est le premier cas aux États-Unis d'instabilité vibratoire élastique, liée à l'écoulement du fluide autour des tubes, dans leur plan, et induisant une usure tube à tube dans la région des cintres. Les nombreuses analyses d'experts de différentes sociétés réalisées sur ce sujet complexe mettent en avant certains mécanismes pour identifier les causes profondes : vibration tube à tube par instabilité fluide élastique, forces de contact insuffisantes entre tubes et barres antivibratoires, qualité de vapeur (taux de vide élevé) dans certaines zones, voire conditions thermohydrauliques plus sévères qu'attendu, etc. Ces deux réacteurs ont été maintenus à l'arrêt depuis cet évènement. De nombreuses discussions autour du redémarrage du réacteur 2 ont eu lieu avec les parties prenantes, dont l'autorité de sûreté NRC. La décision d'arrêt définitif de ces deux réacteurs de San Onofre a été annoncée en juin 2013 par le propriétaire exploitant Southern California Edison.

Mon analyse

Cet événement a eu des conséquences à la fois avérées en matière de sûreté (fuite primaire secondaire sur un tube GV, maîtrisée mais qui aurait pu avoir des conséquences plus lourdes) et potentielles (3 200 tubes affectés sur 4 GV, dont certains avec usure profonde). S'y ajoutent des conséquences économiques et industrielles, avec la fermeture d'une installation encore jeune. Je considère qu'il est riche d'enseignements pour notre propre exploitation.

Le problème rencontré traduit, pour l'essentiel, un défaut de maîtrise de l'ingénierie de conception qui trouve ses causes dans une robustesse insuffisante des justifications apportées aux modifications du design initial des équipements. J'observe l'insuffisance des marges prises pour exclure le risque d'instabilité vibratoire des tubes en exploitation dans chacune des zones du GV. Pour les évolutions du design, la prudence requiert de prendre en compte le retour d'expérience et de s'appuyer sur des technologies éprouvées, en conception et en fabrication. Je note que c'est la démarche suivie pour l'approvisionnement des GV de remplacement des réacteurs du parc EDF et des GV de l'EPR de Flamanville. Plus généralement, je considère que les marges prises à la conception rapportent plus à la sûreté qu'elles ne coûtent à l'exploitant.

Je note également que le phénomène d'usure de tubes des GV de remplacement des deux réacteurs de San Onofre est unique par le nombre de tubes affectés, l'amplitude et la vitesse d'apparition. Il apparaît aussi inattendu, au regard des nombreux remplacements de GV réalisés aux États-Unis et dans le monde sur des REP. « La réalité n'est pas ce que l'on pourrait croire, mais ce que l'on aurait dû penser », comme a pu l'écrire Gaston Bachelard¹⁰⁶. Je souligne l'intérêt de poursuivre la démarche en cours à EDF pour exclure une RTGV¹⁰⁷ en exploitation, en associant les meilleures dispositions de conception et d'exploitation, en s'appuyant sur les meilleures pratiques industrielles et en réexaminant régulièrement le retour d'expérience du parc et des centrales à l'international.

En matière d'organisation et de responsabilité entre exploitant et fabricant, cet événement illustre l'importance pour l'exploitant de jouer pleinement son rôle en matière de *design authority* pour le champ de conception, au sens de l'INSAG 19¹⁰⁸, pendant toute la durée de l'exploitation. Je note que la DIN exerce, à EDF SA, cette responsabilité pour la conception et doit encore la développer dans un contexte de fourniture de pièces de rechange diversifiées.

¹⁰⁶ *Philosophe français des sciences et de la poésie (1884-1962).*

¹⁰⁷ *Rupture de Tube de Générateur de Vapeur.*

¹⁰⁸ *Recommandations du Comité International Nuclear Advisory Group de l'AIEA sur la maîtrise dans le temps des évolutions de conception des réacteurs nucléaires «Maintaining the design integrity of nuclear installations throughout their operating life»*

La responsabilité qui incombe au fabricant, notamment dans son analyse de risques, n'est pas à remettre en cause. Toutefois, je considère que l'exploitant doit pouvoir établir des spécifications d'équipement et fonctionnelles pertinentes au regard de la sûreté, fruit de sa maîtrise et de l'expérience acquise. De plus, il doit pouvoir évaluer avec justesse, avec la profondeur requise et de manière indépendante, les études et les fabrications réalisées par le constructeur.

ANNEXES

13.1 - LES INDICATEURS DE RÉSULTAT DU PARC NUCLÉAIRE D'EDF SA

| Indicateurs | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 |
|---|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Nombre d'événements significatifs pour la sûreté classés dans l'échelle INES (1 et plus), par réacteur ¹ | 0,88 | 0,76 | 1,22 | 0,80 | 1,15 | 1,17 | 1,17 | 0,91 | 1,55 | 1,19 |
| Nombre d'événements significatifs pour la sûreté (INES 0 et plus), par réacteur ¹ | 7,62 | 9,54 | 10,21 | 10,80 | 10,34 | 10,93 | 10,45 | 10,57 | 11,90 | 11,60 |
| Nombre de cas de non-conformité aux STE, par réacteur | 1,16 | 1,48 | 1,55 | 1,70 | 1,70 | 1,39 | 1,55 | 1,36 | 1,52 | 1,34 |
| Nombre d'erreurs de lignage ² , par réacteur | 0,50 | 0,66 | 0,69 | 0,57 | 0,62 | 0,53 | 0,77 | 0,71 | 0,70 | 0,66 |
| Nombre d'arrêts du réacteur, par réacteur (et pour 7 000 heures de criticité ³) | | | | | | | | | | |
| • Automatiques | 1,01 | 0,93 | 0,89 | 0,87 | 0,51 | 0,71 | 0,69 | 0,50 | 0,55 | 0,59 |
| • Manuels | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,01 | 0,05 | 0,03 | 0,03 |
| Dose opérationnelle collective moyenne, par tranche en service (en hSv) | 0,79 | 0,78 | 0,69 | 0,63 | 0,66 | 0,69 | 0,62 | 0,71 | 0,67 | 0,79 |
| Dosimétrie individuelle : | | | | | | | | | | |
| • Nombre de personnes dont la dose est supérieure à 20 mSv | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| • Nombre de personnes entre 16 et 20 mSv | 73 | 28 | 17 | 20 | 14 | 10 | 3 | 2 | 0 | 0 |
| • Nombre de personnes entre 14 et 16 mSv | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 8 |
| Nombre d'événements significatifs pour la radioprotection | 177 | 173 | 112 | 99 | 107 | 102 | 91 | 92 | 114 | 116 |
| Disponibilité (%) | 82,8 | 83,4 | 83,6 | 80,2 | 79,2 | 78,0 | 78,5 | 80,7 | 79,7 | 78,0 |
| Indisponibilité fortuite (%) | | | | | | | | | | |
| Indisponibilité fortuite (%) | 3,5 | 3,2 | 3,3 | 3,7 | 4,4 | 4,6 | 5,2 | 2,2 | 2,8 | 2,6 |
| Taux de fréquence des accidents du travail avec arrêt (pour 1 million d'heures travaillées) (Tf) ⁴ | 5,5 | 5,5 | 5,6 | 4,6 | 4,4 | 4,3 | 4,1 | 3,9 | 3,5 | 3,3 |

1 Hors événements dits génériques (événements dus à des anomalies de conception).

2 Toute configuration d'un circuit ou ses sources, en écart par rapport à la situation attendue, et étant la ou une cause d'un événement significatif.

3 Valeur moyenne de tous les réacteurs à la différence de la valeur WANO qui prend en compte la valeur du réacteur médian.

4 Taux de fréquence EDF SA et prestataires.

13.2 - LES INDICATEURS DE RÉSULTAT DU PARC NUCLÉAIRE D'EDF Energy

| N° | Indicateurs | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 |
|----|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1 | Nombre d'événements classés dans l'échelle INES (1 et plus), par réacteur | 5,60 | 5,67 | 3,13 | 1,20 | 1,13 | 0,80 | 0,93 | 1,33 | 0,80 | 0,80 |
| 2 | Nombre d'événements sûreté dans l'échelle INES (0 et plus) par réacteur | 9,60 | 9,13 | 7,53 | 4,93 | 4,53 | 5,47 | 5,60 | 4,7 | 4,6 | 5,1 |
| 3 | Nombre d'événements déclarés à l'ONR au niveau le plus haut (nuclear reportable event), par réacteur | 3,60 | 2,67 | 1,53 | 0,40 | 0,67 | 0,33 | 0,67 | 0,46 | 0,20 | 0,00 |
| 4 | Nombre de cas de non-conformité aux STE, par réacteur | - | 1,00 | 0,73 | 0,13 | 0,27 | 0,13 | 0,60 | 0,33 | 1,67 | 0,67 |
| 5 | Nombre d'erreurs de lignage, par réacteur | 0,40 | 1,09 | 0,69 | 0,13 | 0,27 | 0,13 | 0,60 | 0,33 | 3,07 | 3,33 |
| 6 | Nombre d'arrêts du réacteur, par réacteur non-programmés, par réacteur (et pour 7 000 heures de criticité) • Automatiques • Manuels | 1,30 | 0,74 | 0,73 | 0,44 | 1,13 | 0,82 | 0,58 | 0,74 | 0,64 | 0,45 |
| | | 2,18 | 1,28 | 2,54 | 1,48 | 1,04 | 1,44 | 1,68 | 1,22 | 0,84 | 1,03 |
| 7 | Dose opérationnelle collective moyenne, par tranche en service (en hSv) • PWR • AGR | 0,032 | 0,352 | 0,524 | 0,045 | 0,264 | 0,337 | 0,271 | 0,537 | 0,037 | 0,386 |
| | | 0,026 | 0,055 | 0,152 | 0,071 | 0,167 | 0,100 | 0,018 | 0,084 | 0,063 | 0,034 |
| 8 | Dosimétrie individuelle : • Nombre de personnes dont la dose est supérieure à 20 mSv • Nombre de personnes dont la dose est supérieure à 15 mSv | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 9 | Nombre d'événements significatifs pour la radioprotection | 184 | 368 | 249 | 58 | 38 | 31 | 43 | 43 | 50 | 27 |
| 10 | Disponibilité (%) : • Parc EDF Energy • PWR • AGR | 69,9 | 71,9 | 66,1 | 62,8 | 51,2 | 71,0 | 65,7 | 72,0 | 78,0 | 78,9 |
| | | 89,4 | 83,7 | 85,3 | 98,4 | 89,2 | 87,4 | 45,6 | 82,5 | 89,2 | 83,0 |
| | | 68,5 | 71 | 64,7 | 60,2 | 48,5 | 69,8 | 67,1 | 71,3 | 76,3 | 78,2 |
| 11 | Indisponibilité fortuite (%) • Parc EDF Energy • PWR • AGR | 15,5 | 12,3 | 17,0 | 20,3 | 20,4 | 13,2 | 19,6 | 13,0 | 8,9 | 6,9 |
| | | 9,7 | 0,0 | 0,3 | 0,4 | 2,1 | 0,9 | 54,3 | 3,4 | 9,9 | 0,2 |
| | | 15,9 | 13,1 | 18,2 | 21,7 | 21,8 | 14,0 | 17,1 | 13,7 | 8,7 | 7,9 |
| 12 | Taux de fréquence des accidents du travail avec arrêt (pour 200 000 h travaillées) | 0,51 | 0,37 | 0,22 | 0,27 | 0,35 | 0,11 | 0,07 | 0,12 | 0,10 | 0,04 |
| 13 | Taux de fréquence des accidents du travail avec arrêt (pour 1 million d'heures travaillées) (Tf) ¹ | 2,6 | 1,9 | 1,1 | 1,4 | 1,8 | 0,6 | 0,4 | 0,6 | 0,5 | 0,7 |

1 Taux de fréquence EDF Energy et prestataires.

Précautions à prendre en compte pour comparer le tableau de résultats d'EDF SA avec celui d'EDF Energy :

- **Lignes 3, 4, 5 et 9** : les pratiques de déclaration des événements sont différentes au Royaume-Uni et en France, compte tenu des exigences des autorités de sûreté respectives. **A partir de 2012, EDF Energy et EDF SA ont harmonisé leurs pratiques de classification de ces événements.**
- **Ligne 7** : les réacteurs des deux parcs nucléaires ne sont pas de même technologie (essentiellement AGR pour le Royaume-Uni et REP en France). Les AGR sont, par conception, de l'ordre 10 fois moins-dosants (référence WANO).

13.3 - LES INDICATEURS DE RÉSULTAT DU PARC NUCLÉAIRE DE CENG

| N° | Indicateurs | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 |
|----|---|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 1 | Nombre d'événements sûreté classés dans l'échelle INES (1 et plus), par réacteur | 0,6 | 0,2 | 0,8 | 0,4 | 0,6 | 0,2 | 0,8 | 0,6 | 0,8 | 0,6 |
| 2 | Nombre d'événements significatifs pour la sûreté, par réacteur ¹ | 8 | 12 | 9 | 12 | 13 | 9 | 11 | 11 | 10,8 | 8,8 |
| 3 | Nombre d'écarts réglementaires significatifs, par réacteur, notifiées à la NRC | 1 | 3 | 1 | 1 | 1 | 4 | 2 | 1 | 1 | 0,66 |
| 4 | Nombre d'erreurs de lignage, par réacteur ² | 1,3 | 1,7 | 1 | 2 | 1 | 0,67 | 0,33 | 0,33 | 0,67 | 0,80 |
| 5 | Nombre d'arrêts du réacteur, par réacteur non-programmés, par réacteur (et pour 7 000 heures de criticité) • Automatiques • Manuels | 0,51 | 0,51 | 0,34 | 0,34 | 0 | 0,17 | 1,02 | 0,70 | 0,70 | 0,34 |
| | | 0,17 | 0,17 | 0,17 | 0,17 | 0,17 | 0,17 | 0 | 0 | 0,17 | 0,17 |
| 6 | Dose opérationnelle collective moyenne, par tranche en service (en hSv) • REP (PWR) • REB (BWR) | 0,49 | 0,81 | 0,80 | 0,46 | 0,61 | 0,46 | 0,44 | 0,68 | 0,68 | 0,23 |
| | | 2,24 | 2,01 | 1,15 | 1,65 | 1,51 | 1,19 | 1,88 | 1,22 | 2,27 | 1,28 |
| 7 | Dosimétrie individuelle : • Nombre de personnes dont la dose est supérieure à 20 mSv • Nombre de personnes dont la dose est supérieure à 16 mSv | 5 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | 12 | 6 | 2 | 3 | 4 | 0 | 4 | 1 | 9 | 1 |
| 8 | Nombre d'événements significatifs de radioprotection | - | - | - | - | 8 | 12 | 8 | 4 | 4 | 5 |
| 9 | Disponibilité (%) : | 93,9 | 94,2 | 93,1 | 93,9 | 95,4 | 95,2 | 94,2 | 91,4 | 87,3 | 94,4 |
| 10 | Indisponibilité fortuite (%) | 1,11 | 0,81 | 1,79 | 1,70 | 0,52 | 1,10 | 2,31 | 3,07 | 3,44 | 1,7 |
| 11 | Taux de fréquence des accidents du travail avec arrêt (pour 1 million d'heures travaillées) (Tf) ³ | - | - | 0,30 | 1,47 | 1,18 | 1,02 | 0,57 | 0,75 | 0,78 | 0,20 |

1 Événements évalués significatifs ou notables par l'INPO (Events Analysis Department).

2 Ecart de positions d'organes avec conséquences réelles, catégorisés par l'INPO.

3 Tf : taux de fréquence CENG et prestataires.

Précaution à prendre en compte en cas de comparaison du tableau de résultats d'EDF SA avec celui de CENG :

- **Lignes 2, 3, 4 et 8** : les pratiques de déclaration des événements sont différentes aux États-Unis et en France, compte tenu des exigences des autorités de sûreté respectives.
- **Ligne 6** : les réacteurs des deux parcs nucléaires ne sont pas tous de même technologie (3 REP et 2 REB pour CENG et REP en France). Les REB sont, par conception, plus dosants que les REP (référence WANO).
- **Ligne 9** : les 4 réacteurs de Calvert Cliffs et de Nine Mile Point sont exploités en campagne 24 mois, celui de Ginna en campagne 18 mois.

13.4 - LES CENTRALES NUCLÉAIRES D'EDF SA



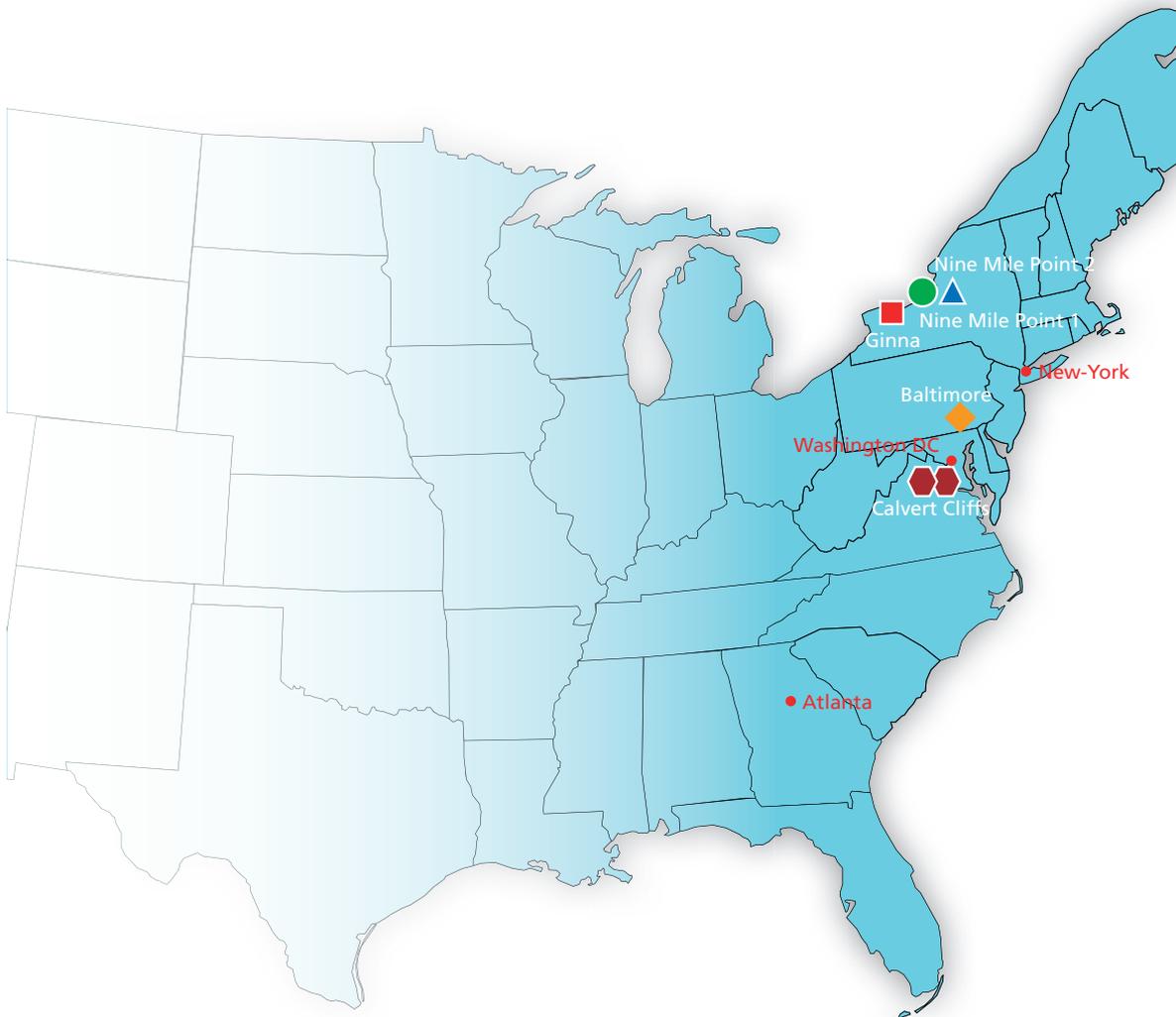
| Nombre par type | Réacteurs à Eau Pressurisée | | | | | UNGG | EL | RNR |
|------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 300 MWe | 900 MWe | 1 300 MWe | 1 450 MWe | 1 600 MWe | | | |
| Construction ou Projet | | | | |  | | | |
| Exploitation | |  |  |  | | | | |
| Déconstruction |  | | | | |  |  |  |

13.5 - LES CENTRALES NUCLÉAIRES D'EDF Energy



| Nombre par type | AGR | REP | EPR | Ingénierie |
|------------------------------|-----|-----|-----|------------|
| Exploitation | 14 | 1 | | |
| Construction ou Projet | | | 4 | |
| Unités d'appui aux centrales | | | | 2 |

13.6 - LES CENTRALES NUCLÉAIRES DE CENG



| Nombre par type | Ingénierie | REP 600 MWe | REP 900 MWe | REB 620 MWe | REB 1300 MWe |
|--|------------|----------------|----------------|----------------|-----------------|
| Exploitation | | 1 | 2 | 1 | 1 |
| Unité d'appui aux centrales (siège CENG) | 1 | | | | |

REB : Réacteur à eau bouillante

13.7 - LES ÉTAPES INDUSTRIELLES DES UNITÉS DE PRODUCTION D'EDF SA

| Année Mise en Service | Unité de Production | Puissance en MWe* | VD1 | VD2 | VD3 | Année Mise en Service | Unité de Production | Puissance en MWe* | VD1 | VD2 | VD3 |
|-----------------------|---------------------|-------------------|------|------|------|-----------------------|---------------------|-------------------|------|-------|-----|
| 1977 | Fessenheim 1 | 880 | 1989 | 1999 | 2009 | 1984 | Cruas 4 | 915 | 1996 | 2006 | - |
| 1977 | Fessenheim 2 | 880 | 1990 | 2000 | 2011 | 1984 | Gravelines 5 | 910 | 1996 | 2006 | - |
| 1978 | Bugey 2 | 910 | 1989 | 2000 | 2010 | 1984 | Paluel 1 | 1330 | 1996 | 2006 | - |
| 1978 | Bugey 3 | 910 | 1991 | 2002 | 2013 | 1984 | Paluel 2 | 1330 | 1995 | 2005 | - |
| 1979 | Bugey 4 | 880 | 1990 | 2001 | 2011 | 1985 | Flamanville 1 | 1330 | 1997 | 2008 | - |
| 1979 | Bugey 5 | 880 | 1991 | 2001 | 2011 | 1985 | Gravelines 6 | 910 | 1997 | 2007 | - |
| 1980 | Dampierre 1 | 890 | 1990 | 2000 | 2011 | 1985 | Paluel 3 | 1330 | 1997 | 2007 | - |
| 1980 | Dampierre 2 | 890 | 1991 | 2002 | 2012 | 1985 | St-Alban 1 | 1335 | 1997 | 2007 | - |
| 1980 | Gravelines 1 | 910 | 1990 | 2001 | 2011 | 1986 | Cattenom 1 | 1300 | 1997 | 2006 | - |
| 1980 | Gravelines 2 | 910 | 1991 | 2002 | 2013 | 1986 | Chinon B3 | 905 | 1999 | 2009 | - |
| 1980 | Gravelines 3 | 910 | 1992 | 2001 | 2012 | 1986 | Flamanville 2 | 1330 | 1998 | 2008 | - |
| 1980 | Tricastin 1 | 915 | 1990 | 1998 | 2009 | 1986 | Paluel 4 | 1330 | 1998 | 2008 | - |
| 1980 | Tricastin 2 | 915 | 1991 | 2000 | 2011 | 1986 | St-Alban 2 | 135 | 1998 | 2008 | - |
| 1980 | Tricastin 3 | 915 | 1992 | 2001 | 2012 | 1987 | Belleville 1 | 1310 | 1999 | 2010 | - |
| 1981 | Blayais 1 | 910 | 1992 | 2002 | 2012 | 1987 | Cattenom 2 | 1300 | 1998 | 2008 | - |
| 1981 | Dampierre 3 | 890 | 1992 | 2003 | 2013 | 1987 | Chinon B4 | 905 | 2000 | 2010 | - |
| 1981 | Dampierre 4 | 890 | 1993 | 2004 | | 1987 | Nogent 1 | 1310 | 1998 | 2009 | - |
| 1981 | Gravelines 4 | 910 | 1992 | 2003 | | 1988 | Belleville 2 | 1310 | 1999 | 2009- | - |
| 1981 | St-Laurent B1 | 915 | 1995 | 2005 | | 1988 | Nogent 2 | 1310 | 1999 | 2010 | - |
| 1981 | St-Laurent B2 | 915 | 1993 | 2003 | 2013 | 1990 | Cattenom 3 | 1300 | 2001 | 2011 | - |
| 1981 | Tricastin 4 | 915 | 1992 | 2004 | | 1990 | Golfech 1 | 1310 | 2001 | 2012 | - |
| 1982 | Blayais 2 | 910 | 1993 | 2003 | 2013 | 1990 | Penly 1 | 1330 | 2002 | 2011 | - |
| 1982 | Chinon B1 | 905 | 1994 | 2003 | 2013 | 1991 | Cattenom 4 | 1300 | 2003 | 2013 | - |
| 1983 | Blayais 3 | 910 | 1994 | 2004 | | 1992 | Penly 2 | 1330 | 2004 | - | - |
| 1983 | Blayais 4 | 910 | 1995 | 2005 | | 1993 | Golfech 2 | 1310 | 2004 | - | - |
| 1983 | Chinon B2 | 905 | 1996 | 2006 | | 1996 | Chooz B1 | 1500 | 2010 | - | - |
| 1983 | Cruas 1 | 915 | 1995 | 2005 | | 1997 | Chooz B2 | 1500 | 2009 | - | - |
| 1984 | Cruas 2 | 915 | 1997 | 2007 | | 1997 | Civaux 1 | 1495 | 2011 | - | - |
| 1984 | Cruas 3 | 915 | 1994 | 2004 | | 1999 | Civaux 2 | 1495 | 2012 | - | - |

VD1 : 1^{ère} visite décennaleVD2 : 2^{ème} visite décennaleVD3 : 3^{ème} visite décennale

(*) Puissance Continue Nette (PCN)

13.8 - LES ÉTAPES INDUSTRIELLES DES UNITÉS DE PRODUCTION D'EDF Energy

| Année de mise en service | Unité de production | Réacteur numéro | Puissance MWe RUP (1) | Date prévue de mise à l'arrêt définitif (2) |
|--------------------------|---------------------|-----------------|-----------------------|---|
| 1976 | Hinkley Point B | R3 | 435 | 2023 |
| 1976 | Hinkley Point B | R4 | 435 | 2023 |
| 1976 | Hunterston B | R3 | 460 | 2023 |
| 1976 | Hunterston B | R4 | 430 | 2023 |
| 1983 | Dungeness B | R21 | 520 | 2018 |
| 1983 | Dungeness B | R22 | 520 | 2018 |
| 1983 | Heysham 1 | R1 | 585 | 2019 |
| 1983 | Heysham 1 | R2 | 575 | 2019 |
| 1983 | Hartlepool | R1 | 595 | 2019 |
| 1983 | Hartlepool | R2 | 585 | 2019 |
| 1988 | Heysham 2 | R7 | 610 | 2023 |
| 1988 | Heysham 2 | R8 | 610 | 2023 |
| 1988 | Torness | R1 | 595 | 2023 |
| 1988 | Torness | R2 | 595 | 2023 |
| 1995 | Sizewell B | | 1191 | 2035 |

- (1) RUP (Reference Unit Power) : Puissance électrique de référence de l'unité de production déclarée par EDF Energy dans les transactions journalières fin 2013.
- (2) Dates de mise à l'arrêt définitif, incluant toutes les décisions d'extension de la durée de fonctionnement formellement prises à la date du 1^{er} janvier 2014.

13.9 - LES ÉTAPES INDUSTRIELLES DES UNITÉS DE PRODUCTION DE CENG

| Année de mise en service | Unité de production | Puissance MWe (1) | Date prévue de mise à l'arrêt définitif (2) |
|--------------------------|---------------------|-------------------|---|
| 1969 | Nine Mile Point 1 | 621 | 2029 |
| 1970 | R.E. Ginna | 581 | 2029 |
| 1975 | Calvert Cliffs 1 | 875 | 2034 |
| 1977 | Calvert Cliffs 2 | 875 | 2036 |
| 1988 | Nine Mile Point 2 | 1304 | 2046 |

(1) Puissance Continue Nette (PCN)

(2) Dates de mises à l'arrêt approuvées par la NRC au 1^{er} janvier 2014

13.10 - TABLE DES ABREVIATIONS

A

| | |
|---------------|--|
| AAR | Arrêt Automatique Réacteur |
| AEN | Agence pour l'Énergie Nucléaire de l'OCDE |
| AGR | Advanced Gas-cooled Reactor |
| AIEA | Agence Internationale de l'Énergie Atomique |
| ALARA | As Low As Reasonably Achievable |
| AMELIE | Projet visant à transformer la logistique des pièces de rechange |
| AMT | Agence de Maintenance Thermique |
| ANDRA | Agence Nationale pour la gestion des Déchets Radioactifs |
| ASG | Alimentation de Secours des Générateurs de vapeur |
| ASN | Autorité de Sûreté Nucléaire |

B

| | |
|------------|--------------------------------------|
| BMA | Bibliothèque des Modèles d'Activités |
| BWR | Boiling Water Reactor |

C

| | |
|---------------|---|
| CAP | Contrat Annuel de Performances |
| CEFRI | Comité français de certification des Entreprises pour la formation et le suivi du personnel travaillant sous Rayonnements Ionisants |
| CEIDRE | Centre d'Expertise et d'Inspection dans les Domaines de la Réalisation et de l'Exploitation |
| CENG | Constellation Energy Nuclear Group (États-Unis) |
| CETIC | Centre d'Expérimentation et de validation des Techniques d'Intervention sur Chaudière nucléaire à eau |
| CGN | China Guangdong Nuclear Power Group (Chine) |
| CIDEN | Centre d'Ingénierie Déconstruction et Environnement Nucléaire |
| CIPN | Centre d'Ingénierie pour le Parc Nucléaire |
| CIPR | Commission Internationale de Protection Radiologique |
| CLI | Commission Locale d'Information |
| CNEN | Centre National d'Équipement Nucléaire |
| CNEPE | Centre National d'Équipement Parc en Exploitation |
| CNPE | Centre Nucléaire de Production d'Électricité |
| COLIMO | Projet visant à moderniser les pratiques et les méthodes de consignation et lignage |
| COMSAT | COMmission Sûreté en Arrêt de Tranche |
| COPAT | Centre Opérationnel de Pilotage des Arrêts de Tranche |
| CSN | Conseil de Sûreté Nucléaire |
| CSNC | Comité Sûreté Nucléaire Conception (DIN) |
| CSNE | Comité Sûreté Nucléaire Exploitation (DPN) |

D

| | |
|-------------|---|
| DAIP | Division Appui Industriel à la Production |
| DCN | Division Combustible Nucléaire |
| DIN | Division Ingénierie Nucléaire |
| DMES | Dossier de Mise En Service |
| DOE | Department Of Energy (États-Unis) |
| DPI | Direction Production Ingénierie |
| DPN | Division Production Nucléaire |
| DTG | Division Technique Générale |

E

| | |
|----------------|--|
| EGE | Evaluation Globale d'Excellence |
| EIPS | Équipement d'Intérêt Protégé pour la Sûreté |
| ENISS | European Nuclear Installations Safety Standard |
| ESPN | Équipements Sous Pression Nucléaires |
| EPR | European Pressurised Reactor |
| EPRI | Electric Power Research Institute (États-Unis) |
| ESR | Événement Significatif en Radioprotection |
| ESS | Événement Significatif de Sûreté |
| ENSREG | European Nuclear Safety Regulators Group |
| EVEREST | Évoluer VERs une Entrée Sans Tenue universelle (Projet de reconquête de la propriété radiologique) |
| EXELON | Compagnie d'électricité (États-Unis) |

F

| | |
|------------|----------------------------|
| FME | Foreign Material Exclusion |
|------------|----------------------------|

G

| | |
|-------------|--|
| GDA | Generic Design Assessment (Royaume-Uni) |
| GIEC | Groupe Intergouvernemental sur l'Évolution du Climat (ONU) |
| GPEC | Gestion Prévisionnelle de Emplois et des Compétences |
| GPSN | Groupe Performances Sûreté Nucléaire (UNIE) |

H

| | |
|---------------|---|
| HCTISN | Haut Comité pour la Transparence et l'Information sur la Sécurité Nucléaire |
|---------------|---|

| | | | |
|----------------|---|----------------|---|
| I | | O | |
| IN | Inspection Nucléaire (DPN) | O2EI | Obtenir un Etat Exemplaire des Installations (projet de la DPN) |
| INB | Installation Nucléaire de Base | OIU | Organisme Interne de l'Utilisateur |
| INES | International Nuclear Events Scale | ONR | Office of Nuclear Regulation (Royaume-Uni) |
| INPO | Institute of Nuclear Power Operators (États-Unis) | OSART | Operational Safety Analysis Review Team (AIEA) |
| INSAG | INternational Safety Advisory Group (AIEA) | P | |
| IOP | Ingénierie OPérationnelle | PARTNER | PARc Tertiaire Nucléaire Eco-Rénové |
| IPE | Ingénierie du Parc en Exploitation | PBMP | Programme de Base de Maintenance Préventive |
| IRAS | Ingénieur chargé des Relations avec l'ASN (CNPE) | PDCC | Plan de Développement de la Compétence Clé ingénierie nucléaire |
| J | | PGAC | Prestations Générales d'Assistance aux Chantiers |
| JANSI | Japan Nuclear Safety Institute | PHPM | Projet d'Harmonisation des Pratiques et des Méthodes |
| JNES | Japan Nuclear Energy Safety organisation | PUI | Plan d'Urgence Interne |
| L | | PWR | Pressurized Water Reactor |
| LLS | Turboalternateur d'ultime secours | R | |
| LWRS | Light Water Reactor Sustainability Program | RCE | Projet visant à renforcer la capacité des études (DIN-SEPTEN) |
| M | | RCP | Circuit primaire principal |
| MAE | Mission d'Audit et d'Evaluation de la DIN | RCV | Circuit auxiliaire de contrôle volumétrique et chimique du circuit primaire principal |
| MARN | Mission d'Appui à la gestion des Risques Nucléaires | R&D | Direction Recherche et Développement |
| MDEP | Multinational Design Evaluation Program | REB | Réacteur à Eau Bouillante |
| MOPIA | Mettre en Œuvre une Politique Industrielle Attractive | REP | Réacteur à Eau Pressurisée |
| MME | Méthodes de Maintenance et d'Exploitation | RET | Régime Exceptionnel de Travaux |
| MPL | Manager de Première Ligne | REX | Retour d'EXpérience |
| MQME | Projet visant à améliorer la qualité de maintenance et d'exploitation (DPN) | RGV | Remplacement des générateurs de vapeur |
| N | | RIS | Injection d'eau de secours pour assurer le refroidissement du réacteur |
| NCC | Noyau de Cohérence des métiers de Conduite | ROSATOM | Agence fédérale de l'énergie atomique russe |
| NCME | Noyau de Cohérence des métiers de Maintenance en Exploitation | RPN | Instrumentation de mesure de la puissance nucléaire du réacteur |
| NDA | Nuclear Decommissioning Authority (Royaume-Uni) | RTE | Réseau de Transport d'Electricité |
| NEI | Nuclear Energy Institute (États-Unis) | RTGE | Réglementation Technique Générale destinée à prévenir et à limiter les nuisances et les risques externes résultant de l'Exploitation des installations nucléaires de base |
| NIO | Nuclear Independent Oversight (SRD / EDF Energy) | RTGV | Rupture de Tube de Générateur de Vapeur |
| NNB | Nuclear New Build (EDF Energy) | | |
| NNSA | National Nuclear Safety Administration (Chine) | | |
| NRA | Nuclear Regulatory Authority (Japon) | | |
| NRC | Nuclear Regulatory Commission (États-Unis) | | |
| NSOO | Nuclear Safety Oversight Office (TEPCO, Japon) | | |
| NSSC | Nuclear Safety and Security Commission (Corée du Sud) | | |
| NUGENIA | Nuclear Generation II and III Association (Europe) | | |

S

| | |
|----------------|---|
| SAT | Systematic Approach to Training |
| SDIN | Système D'Information du Nucléaire |
| SDIS | Services Départementaux d'Incendie et de Secours |
| SGDSN | Secrétariat Général de la Défense et de la Sécurité Nationale |
| SEPTEN | Services d'Etudes et de Projets Thermiques et Nucléaire (DIN) |
| SIR | Service d'Inspection Reconnu |
| SMI | Système de Management Intégré |
| SOER | Significant Operating Experience Report (WANO) |
| SOFINEL | Bureau d'études à participation EDF-AREVA |
| SOH | Socio-Organisationnel et Humain |
| SPR | Service Prévention des Risques |
| SRD | Safety and Regulation Department (EDF Energy) |
| STE | Spécifications Techniques d'Exploitation |
| SYGMA | SYStème de Gestion de la MAintenance |

T

| | |
|----------------|--|
| TEM | Tranche En Marche |
| TEPCO | Tokyo Electric Power COmpany (Japon) |
| TNPCJVC | Joint-venture entre la compagnie chinoise CGN (51 %), Guangdong Guoha Yuedian Taishan Power Company (19 %) et EDF (30 %) |
| TSM | Technical Support Mission réalisé par des pairs sous l'égide de WANO |
| TSN | Loi sur la Transparence et la Sécurité en matière Nucléaire |
| TVO | Teollisuuden Voima Oyj (Finlande) |

U

| | |
|----------------|--|
| UFPI | Unité de Formation Production Ingénierie |
| UNIE | UNité d'Ingénierie d'Exploitation |
| UNISTAR | Société du groupe EDF aux États-Unis |
| UNGG | Uranium Naturel Gaz Graphite |
| UTO | Unité Technique Opérationnelle |

V

| | |
|-----------|------------------|
| VD | Visite Décennale |
| VP | Visite Partielle |

W

| | |
|--------------|--|
| WENRA | West European Nuclear Regulators Association |
| WNA | World Nuclear Association |
| WANO | World Association of Nuclear Operators |



*Jean-Paul COMBEMOREL, Michael LAVELLE, Jean TANDONNET,
François HEDIN, Peter WAKEFIELD, Bernard MAILLARD*

CREDITS PHOTOGRAPHIQUES

- Couverture : © EDF Médiathèque - Jean-Luc PETIT
- Chapitre 1 : © EDF Médiathèque - Marc Didier
- Chapitre 2 : © EDF Médiathèque - Jean-Luc PETIT
- Chapitre 3 : © EDF Médiathèque
- Chapitre 4 : © EDF Médiathèque - Alexis MORIN
- Chapitre 5 : © EDF Médiathèque - Guillaume MURAT
- Chapitre 6 : © EDF Médiathèque - Julien GOLDSTEIN
- Chapitre 7 : © EDF Médiathèque - Julien GOLDSTEIN
- Chapitre 8 : © EDF Médiathèque - Alexis MORIN
- Chapitre 9 : © EDF Médiathèque
- Chapitre 10 : © EDF Médiathèque - Jean-Luc PETIT
- Chapitre 11 : © EDF Médiathèque
- Chapitre 12 : © EDF Médiathèque

Les photos intérieures sont issues de la Médiathèque EDF, sauf page 56 ©TNPJVC

