Rapport de l'Inspecteur Général pour

la Sûreté Nucléaire et la Radioprotection

2015

EDF

AVANT-PROPOS

Ce rapport, destiné au président d'EDF, présente mon appréciation de l'état de la sûreté et de la radioprotection dans le Groupe.

Il s'adresse aussi à tous ceux qui, dans l'entreprise, à un titre ou à un autre, apportent leur contribution à la sûreté nucléaire et à la radioprotection, par leurs décisions ou leurs gestes quotidiens. Il aura atteint son objectif s'il leur fournit matière à réflexion sur leurs contributions dans ces domaines et sur les moyens de les développer.

Ce rapport vise aussi à identifier des signaux précurseurs et à suggérer des pistes d'amélioration. Il met donc l'accent sur les difficultés et les fragilités plutôt que sur les forces et les progrès. Il pourra paraître injuste à tous ceux qui ne mesurent pas leurs efforts pour assurer, au quotidien, l'exploitation en toute sûreté d'un outil de production nucléaire complexe et exigeant.

Mon évaluation est basée sur les informations et les observations recueillies durant l'année, en France et au Royaume-Uni, auprès des équipes de terrain, lors de visites dans les unités et à l'occasion de rencontres avec les principales parties prenantes : managers, représentants du personnel, membres du corps médical, sans oublier les entreprises prestataires. Elle s'appuie aussi sur les comparaisons avec plusieurs acteurs internationaux du nucléaire et sur des échanges avec WANO[1] et les autorités de sûreté.

Je tiens à remercier toutes les personnes rencontrées, pour la qualité de leur accueil ainsi que pour la franchise et la richesse de nos échanges. Leur ouverture, qui conditionne la pertinence de ce rapport, s'inscrit pleinement dans l'esprit de la culture de sûreté.

Je voudrais également remercier les chargés de mission, Jean-Paul Combémorel, Bernard Maillard, Jean-Jacques Létalon, Jean-Michel Fourment et John Morrison, qui n'ont pas ménagé leurs efforts, notamment lors de la rédaction de ce rapport. J'y joins une mention particulière pour François Hédin et Mike Lavelle qui ont quitté l'équipe en 2015.

L'année 2015 aura vu le départ de l'Inspection générale pour la sûreté nucléaire et la radioprotection, des locaux de l'avenue de Messine qu'elle occupait depuis près de quinze ans vers le 33 de l'avenue de Wagram. À proximité de la Présidence, les nouveaux bureaux faciliteront l'activité de l'Inspection tout en préservant son indépendance.

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*).

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

François de Lastic
Paris, le 20 janvier 2016

[1] *World Association of Nuclear Operators.*

Sommaire

1 / Mon regard sur l'année 2015 5

2 / La sûreté en exploitation : des résultats en demi-teinte 13

3 / Une priorité sûreté bien affirmée 19

4 / Prévention des risques : des progrès en France 25

5 / L'organisation de crise renforcée après Fukushima 31

6 / Prévention incendie : un maillon encore faible 37

7 / Un investissement continu pour la formation et les parcours professionnels 43

8 / Vers une maintenance levier de la qualité d'exploitation 49

9 / La chimie en France : une transition à bien accompagner 55

10 / Des chantiers de déconstruction qui avancent 59

11 / Les EPR en Chine, en France et au Royaume-Uni 65

12 / Préparer l'avenir 71

13 / L'ouverture sur le monde 75

14 / Annexes 79

Les indicateurs de résultat des parcs nucléaires :

14.1 EDF SA 80

14.2 EDF Energy 81

Les centrales nucléaires :

14.3 EDF SA 82

14.4 EDF Energy 83

Les étapes industrielles des unités de production :

14.5 EDF SA 84

14.6 EDF Energy 85

14.7 - Table des abréviations 86

1 / MON REGARD SUR L'ANNÉE 2015

Centrale Nucléaire de Paluel

LE CONTEXTE MONDIAL

L'onde de choc provoquée par l'accident de Fukushima en 2011 reste présente avec, ces dernières années, l'arrêt anticipé de réacteurs, un ralentissement des lancements de projets neufs ainsi que des travaux de mise à niveau des centrales en exploitation d'ampleurs inégales selon les pays.

Néanmoins, des signes de reprise sont perceptibles à travers le monde.

Au Japon, alors que les premiers retours de population dans des zones évacuées après l'accident sont autorisés, **deux réacteurs** (Sendai 1 et 2) arrêtés après Fukushima **ont repris leur production** en 2015, après réalisation des travaux demandés par l'autorité de sûreté. Trois autres pourraient redémarrer assez vite et plus d'une vingtaine suivent actuellement le même processus.

Dans le monde, **les seuls arrêts anticipés de réacteurs annoncés ou envisagés en 2015 l'ont été pour des raisons économiques.** Ce sont des réacteurs anciens, de puissances relativement faibles, le plus souvent à eau bouillante et assez fréquemment seuls sur leur site. C'est notamment le cas en Suède (Ringhals et Oskarshamn) et aux États-Unis (notamment Pilgrim et Fitzpatrick). J'ai visité le réacteur de Ginna[2], qui pourrait connaître le même sort, en raison de son isolement et de sa puissance qui le rendent moins compétitif. Ce REP, qui fonctionne depuis plus de 45 ans, m'a pourtant fait une très bonne impression (cf. chapitre 13).

A contrario, **de nouvelles prolongations de fonctionnement au-delà de 40 ans** ont été annoncées : Tihange 2 et Doel 3 en Belgique, Krško en Slovénie dont j'ai eu l'occasion d'apprécier l'importance des modifications post-Fukushima (cf. chapitre 13). De plus, une première notification, relative à une demande de prolongation jusqu'à 80 ans, a été transmise à une autorité de sûreté (pour le réacteur de Surry, États-Unis).

Celle-ci a diffusé fin 2015 deux projets de documents explicitant la façon dont elle instruira les demandes de prolongation de la durée de fonctionnement au-delà

[2] *REP de 580 MWe détenu à 49,9% par le groupe EDF situé dans l'état de New York aux États-Unis.*

de 60 ans. **Dans le monde, près de 70 réacteurs sont en construction,** dont plus d'une vingtaine en Chine où a débuté en 2015 l'exploitation commerciale de 8 réacteurs. Si les réacteurs qui entrent en service appartiennent encore à la deuxième génération, tous les projets engagés depuis Fukushima sont des réacteurs de troisième génération, de conception encore plus sûre. Les réacteurs têtes de série de cette troisième génération (AP 1000[3], EPR[4], AES 2006[5]) rencontrent des difficultés de construction. J'ai cependant constaté la progression très rapide des deux EPR de Taishan (cf. chapitre 11).

Le Royaume-Uni est **le premier pays occidental à relancer un programme électronucléaire** depuis Fukushima. Portant sur cinq réacteurs et 8 GWe installés (quatre EPR et un Hualong[6]), il préfigure peut-être les futurs projets dans le monde qui feront souvent appel à des sociétés internationales – ici EDF et son partenaire chinois historique CGN[7] – comme investisseur voire comme exploitant. Les médias se font en effet l'écho de tels projets.

Certains d'entre eux concernent des pays sans expérience nucléaire préalable : construction bien avancée aux Émirats arabes unis, projets en Turquie, en Égypte, en Arabie saoudite, en Pologne, en Biélorussie. Ces pays devront être accompagnés dans la durée pour **les aider** à bâtir un environnement industriel et institutionnel, et **à développer une solide culture de sûreté.** Fukushima a en effet rappelé **l'interdépendance des acteurs nucléaires** en raison des conséquences majeures pour chacun des exploitants de tout accident nucléaire.

WANO, l'association qui regroupe tous les exploitants nucléaires mondiaux, **voit** ainsi **ses responsabilités accrues.** Son objectif est en effet de renforcer la sûreté de toutes les centrales nucléaires, notamment au travers d'évaluations, de benchmarks, d'échanges d'informations et de bonnes pratiques. Je relève le renforcement de la périodicité des visites de sites, la mise en place d'évaluations cotées et de *pre-start up peer reviews* avant le démarrage d'un réacteur ainsi que la prise en compte de certains aspects liés à la conception lors des *peer reviews*. Je salue donc l'évolution engagée par WANO depuis Fukushima, qui vise à mieux prendre en compte ce nouveau contexte.

LES NOMBREUX DÉFIS DU GROUPE EDF

En France, la **loi sur la transition énergétique pour la croissance verte,** promulguée en août 2015, prévoit la réduction de la part du nucléaire dans la production nationale d'électricité à 50 % à l'horizon 2025, ainsi que le plafonnement de la capacité de production d'électricité d'origine nucléaire à la valeur actuelle. Cette loi comporte de nombreuses autres dispositions qui auront des conséquences sur l'exploitation des réacteurs : régime des modifications, réexamen de sûreté au-delà de 35 ans, démantèlement, recours aux prestataires, etc.

Conformément aux orientations fixées par l'État, **EDF et AREVA se sont rapprochés** et ont conclu un accord qui prévoit, à terme, la prise de contrôle par EDF d'AREVA NP, société chargée notamment de la conception et de la fabrication de chaudières nucléaires. L'accord prévoit aussi une forte coopération dans la conception et la gestion des projets de nouveaux réacteurs. On peut attendre de ce rapprochement une meilleure efficacité dans la conduite des grands projets nucléaires en France et à l'étranger avec, bien sûr, une meilleure prise en compte du retour d'expérience et une sûreté accrue.

La nouvelle feuille de route de Flamanville 3, annoncée en septembre 2015, conduit à un démarrage du réacteur fin 2018. Taishan sera donc vraisemblablement la tête de série des EPR (cf. chapitre 11).

Quant au projet Grand carénage, qui vise à prolonger la durée de fonctionnement des réacteurs français au-delà de 40 ans et à intégrer les modifications post-Fukushima, il mobilise d'importantes ressources.

Pour relever ces défis, **le nouveau plan stratégique d'EDF, CAP 2030,** met notamment l'accent sur trois objectifs :

- le développement des énergies décarbonées,
- la sûreté et la performance du nucléaire existant et du nouveau nucléaire,
- les prolongations du parc nucléaire français au-delà de 40 ans et du parc nucléaire britannique de 8 ans.

Une nouvelle organisation du groupe EDF a été mise en place, avec notamment la création de deux grandes directions nucléaires, la DPNT (direction du parc nucléaire et thermique) et la DIPNN (direction de l'ingénierie et des projets du nouveau nucléaire) visant à renforcer le pilotage des grands projets.

En France, à la DPNT, **la DPN** (division de la production nucléaire) **a construit Génération 420, son nouveau projet** concis et incisif. Je souligne la réaffirmation de la place donnée à la sûreté et la claire définition des priorités. Je note aussi qu'il fait de la simplification un des leviers pour retrouver des marges de progrès. (cf. chapitre 3).

Je souligne par ailleurs l'**ouverture croissante** du groupe EDF, notamment son investissement dans WANO, ainsi que les nombreuses coopérations internationales de la R&D d'EDF. Je salue la forte dynamique d'échanges entre la DPN et EDF Energy, insufflée par la direction des deux

[3] *REP de 1 000 MWe développé par Toshiba-Westinghouse (Japon – États-Unis).*
[4] *REP de 1 650 MWe développé par AREVA (France).*
[5] *REP de 1 200 MWe développé par Rosatom (Russie).*
[6] *REP chinois de 1 000 MWe de génération 3.*
[7] *China General Nuclear Power Corporation.*

parcs, et le développement des benchmarks de la DPN auprès d'exploitants étrangers (Chine, États-Unis).

Lors des visites, je rencontre un grand nombre de femmes et d'hommes du nucléaire, à EDF SA et à EDF Energy, dans l'exploitation comme dans l'ingénierie. Je suis très souvent frappé par leur motivation et la confiance qu'ils placent globalement dans l'entreprise.

Je souligne une nouvelle fois **l'attractivité du groupe EDF,** la qualité du personnel et l'efficacité de son dispositif de recrutement et de formation qui a permis de faire face au fort renouvellement de ses équipes (cf. chapitre 7). Si la pyramide des âges montre un horizon plus favorable pour EDF SA, il est important de conserver un flux de recrutements car la gestion des ressources humaines s'inscrit dans le temps long et supporte mal les à-coups, notamment dans le nucléaire.

J'estime aussi que le maintien de la motivation des jeunes embauchés passe par **la construction de parcours professionnels** enrichissants, notamment au travers d'échanges entre les deux parcs nucléaires et entre ceux-ci et l'ingénierie.

DES RÉSULTATS DE SÛRETÉ EN DEMI-TEINTE

Pour la troisième année consécutive, le groupe EDF n'a pas connu d'événement de sûreté de niveau supérieur ou égal à 2 sur l'échelle internationale INES [8].

En France, les résultats sont inégaux et globalement en retrait sur 2014 qui, il est vrai, avait été une bonne année.

Parmi les points positifs, je note la poursuite de **l'amélioration de la maîtrise des arrêts de tranche**, spécialement ceux qui ont un programme de travaux limité. Cette maîtrise a été obtenue par une meilleure anticipation, une bonne préparation et la stabilité du programme d'arrêts. Une telle maîtrise contribue directement aux résultats de sûreté comme le montre la nette diminution des non-respects des spécifications techniques, code de la route de l'exploitant nucléaire.

Parmi les points négatifs, je souligne la hausse du nombre d'arrêts automatiques de réacteurs (38 soit 7 de plus qu'en 2014), le maintien de non-qualités d'exploitation et de maintenance au niveau de 2014, que j'estime élevé, le recul des résultats incendie.

Sans être inquiétants à ce stade, ces résultats appellent des corrections adaptées. J'ai noté le travail d'analyse et les actions engagées par la DPN fin 2015. J'en suivrai la mise en œuvre en 2016.

Au Royaume-Uni, j'observe un **net rétablissement des résultats** avec, notamment, l'amélioration spectaculaire du taux d'indisponibilité fortuite : 2,3 % en 2015 (10,7 % en 2014) qui traduit un progrès sur la fiabilité des équipements favorable à la sûreté. Je salue le bon résultat obtenu à la *corporate review follow up* WANO. Cette amélioration révèle l'efficacité du soutien qu'EDF Energy a apporté aux sites les plus en difficulté. EDF Energy semble donc avoir repris la progression amorcée, il y a cinq ans. Je serai attentif à sa pérennité.

En 2014, année marquée par l'arrêt pendant plusieurs mois de quatre réacteurs AGR, en raison d'une fissure détectée sur un des générateurs de vapeur (*boiler*), j'appelais à la vigilance sur ces générateurs de vapeur et sur le suivi de l'état du graphite. **Je salue les dispositions techniques** prises avec l'appui du niveau national, pour prévenir la survenue de tels événements et **renforcer le programme d'inspection en service,** comme recommandé dans mon rapport précédent.

LA PRÉVENTION DES RISQUES EN PROGRÈS

Au Royaume-Uni, les résultats de sécurité du travail et de radioprotection restent excellents et font du parc d'EDF Energy une référence mondiale.

En France, je salue la nette amélioration des résultats de sécurité du travail en 2015. Ils sont certes en retrait de ceux des meilleurs exploitants mondiaux mais leur progression est de bon augure pour l'atteinte des objectifs du Groupe. Je note également que la **notion de vigilance partagée** se développe : elle implique une mutation culturelle et me paraît de nature à entraîner une véritable rupture dans les résultats de sécurité du travail, comme a su le faire EDF Energy.

Pour la radioprotection, **les doses individuelles continuent de s'améliorer**, ce qui est essentiel. La dose collective respecte l'objectif et baisse légèrement par rapport à l'an dernier avec 0,71 hSv/tr homme Sievert par tranche (0,72 hSv/tr en 2014). La maîtrise de la dose individuelle et collective reste un point d'attention dans le cadre du programme important de travaux du Grand carénage.

UN CONTRÔLE DE SÛRETÉ INTERNE INDÉPENDANT DE BON NIVEAU

En France, à la DPN, je relève **une écoute et un positionnement des filières indépendantes de sûreté satisfaisants** et qui continuent de s'améliorer. La proportion d'ingénieurs sûreté (IS) expérimentés reste souvent insuffisante mais la compétence des jeunes IS progresse : ils sont solidement épaulés par des chefs de mission sûreté qualité (MSQ), bien calés au sein des équipes de direction des sites. Je note que les

[8] *International Nuclear Events Scale.*

compétences maintenance au sein des services sûreté méritent d'être renforcées.

La réorganisation dont a fait l'objet l'ingénierie en 2015, répartie entre le parc en exploitation et les nouveaux projets, réinterroge certains aspects de son dispositif de contrôle interne de sûreté et de qualité. De plus, il faut veiller à ce que le rapprochement avec AREVA maintienne bien les actions de surveillance, notamment, celles concernant les études de sûreté. Ces différents sujets sont en cours de clarification et je m'attacherai à les suivre en 2016.

Au Royaume-Uni, les équipes de l'*Independant nuclear assurance* (INA) rencontrées cette année sont expérimentées et très présentes, *via* leurs inspecteurs résidents, dans la vie des sites. Les directions de sites doivent veiller à maintenir judicieusement cette bonne intégration de l'INA. Les revues thématiques effectuées par l'INA me paraissent très utiles pour challenger les sites et diffuser les bonnes pratiques.

Les TSSM, *Technical and safety support managers*, conscience sûreté des directeurs, jouent un rôle essentiel dans la prise en compte des impératifs de sûreté. Il importe donc de leur confier des équipes solides et suffisamment expérimentées. Je salue enfin le rôle important des *Fleet managers* dans la vérification et l'animation de la prise en compte de la sûreté, chacun dans son domaine.

CINQ POINTS QUI MÉRITENT ATTENTION

Simplifier : une démarche indispensable pour la sûreté

La sûreté impose que chacun comprenne ce qui lui est prescrit et soit placé dans les conditions lui permettant de le mettre en œuvre rigoureusement. Or les analyses des événements sûreté révèlent trop souvent que les intervenants ne sont pas toujours mis dans de telles conditions.

Comme dans mon rapport précédent, je reste surpris par la **complexité des exigences** et des procédures. Si elles sont toutes pertinentes, leur accumulation nuit à l'efficacité, voire à leur cohérence. Le trop grand nombre de règles et l'excès de détails rendent difficile leur appropriation au risque d'une perte de sens. Cette complexité peut conduire à une « robotisation » issue d'une confiance aveugle dans la procédure ou à une paralysie voire, pire encore, à une transgression de règles. J'estime donc qu'il est indispensable de **rechercher la simplicité dans les méthodes d'exploitation et de maintenance mais aussi dans les organisations, les conceptions techniques, les études**, etc.

Je relève cette année **des signes encourageants**. Le plan stratégique du Groupe, CAP 2030 met en avant la simplification comme levier de transformation. Le projet de la DPN, Génération 420, s'engage lui aussi dans la simplification, au service de l'efficacité et de la sûreté, de même que quelques centres d'ingénierie. Je note également de bonnes pratiques dans le parc britannique comme le *Decision making process*.

Simplifier

J'entends trop souvent dire que la complexification est inévitable, compte tenu des contraintes extérieures – exigences croissantes de la réglementation – et de la spécificité nucléaire. Sans nier le poids de ces facteurs, j'observe qu'une bonne partie de la complexité est d'origine interne et que d'autres secteurs tout aussi complexes, l'aéronautique par exemple, sont capables de proposer des solutions simples.

Simplifier est difficile car le nucléaire impose des exigences fortes. Comme le souligne Génération 420, il faut avant tout **du courage managérial,** ce qui passe par une prise de risque raisonnée et par des renoncements. Chacun à son niveau a un rôle à jouer, tout en pensant collectif. **La simplification relève d'abord du terrain** car c'est là qu'*in fine* sont constatés les méfaits de la complexité. Ré-interrogation et imagination y sont indispensables et doivent être encouragées par des managers de proximité

à l'écoute. Meilleure **efficacité dans l'organisation et les modes de travail,** mise à profit des **outils modernes d'information** contribueront à cette simplification.
Attendue par tous, la simplification doit être portée par chacun des niveaux hiérarchiques. C'est une démarche permanente qui doit s'accompagner d'un **changement culturel** pour qu'à chaque évolution, on pense simple, sans juxtaposer mais en intégrant la nouveauté dans l'existant.

Incendie : une culture de prévention à renforcer

L'ensemble des dispositions pour prévenir et combattre les incendies constitue **une composante majeure de la sûreté nucléaire** car l'incendie est un des risques les plus vraisemblables.
En France, depuis une quinzaine d'années, **l'entreprise a fait des efforts considérables,** notamment en renforçant la formation des équipes d'intervention ainsi que le réalisme et la fréquence des exercices et en consacrant d'importants investissements à la sectorisation, à la détection, et à la lutte. Je note aussi la présence sur chaque site d'un officier de sapeurs-pompiers qui a permis de resserrer les liens avec les services départementaux d'incendie et de secours (SDIS). Je salue aussi le caractère très positif de la démarche MEEI (maintenir un état exemplaire des installations) pour la prévention des incendies.
Ces efforts ont permis **des progrès significatifs,** en particulier pour réduire le nombre de départs de feu. **Pour autant,** le recul des résultats en 2015 et quelques incendies notables (cf. chapitre 6) appellent de nouvelles actions. De plus, **je retire de mes visites des CNPE l'impression d'une baisse d'attention sur le risque incendie** et d'une mise en œuvre routinière des dispositions de prévention ainsi que d'une certaine dispersion des responsabilités, des acteurs et des moyens. La dynamique qui a permis les progrès évoqués ci-dessus s'essouffle et il faut la relancer.
Au Royaume-Uni, la situation est un peu différente mais **justifie, elle aussi, une relance des efforts.** L'organisation des sites y est plus lisible avec un TSSM responsable et disposant des moyens adaptés. Mais je relève aussi un *housekeeping* perfectible avec, notamment, encore trop de fuites d'huile. Je note des résultats en progression cette année mais je reste vigilant sur leur pérennité.
Des deux côtés de la Manche, les capacités d'intervention immédiates et différées sont de bonne facture, toutefois un effort me paraît nécessaire en ce qui concerne la prévention. Il faut s'astreindre à maintenir les installations en état (charge calorifique, fuite d'huile, sectorisation, etc.). La maîtrise des chantiers de maintenance, dont une bonne partie est réalisée par des prestataires, mérite une attention particulière. J'insiste dans ce cadre sur l'importance de l'analyse de risques.
Plus généralement, à EDF SA comme à EDF Energy, il faut que tous les salariés, EDF et prestataires, prennent davantage conscience du risque incendie dans leurs activités quotidiennes. L'objectif doit être de **développer une culture de la prévention pour faire évoluer les comportements sur le terrain.** J'encourage les directions des sites à afficher une exigence plus simple et plus forte sur le risque incendie et sur sa dimension sûreté.

Relations avec l'ASN : davantage de méthode pour un meilleur dialogue

Une fois encore, j'attire l'attention sur les relations entre EDF SA et l'autorité de sûreté nucléaire française (ASN). La situation reste préoccupante même si quelques dossiers ont progressé.
Ainsi, **les blocages** évoqués les deux années précédentes dans l'application de l'arrêté ESPN (cf. encadré) ont été **partiellement levés**, notamment grâce à l'implication de la direction de l'entreprise. Cela a permis à AREVA et à EDF d'élaborer un plan de travail triennal, approuvé par le collège des commissaires de l'ASN. La réussite de ce plan n'est toutefois pas acquise : il faudra notamment lui attribuer les moyens et la priorité nécessaires. Point positif, **cette crise a permis à EDF**, exploitant nucléaire, **de retrouver sa place** dans les échanges entre les fabricants et l'ASN.

L'arrêté ESPN et le plan d'actions triennal

L'arrêté du 12 décembre 2005 porte sur les équipements sous pression, spécifiquement conçus, pour les applications nucléaires (ESPN). Il a notamment fait évoluer les modalités de justification et de surveillance de la conception, de la fabrication et du montage des ESPN. Entré progressivement en vigueur, il connaît d'importantes difficultés d'application. À la suite d'une audition des présidents d'AREVA et d'EDF SA par le collège des commissaires de l'ASN, un programme de travail sur trois ans, visant à l'élaboration des méthodes de justification du respect, des exigences réglementaires, a été présenté à l'ASN en 2015.

La qualité du dialogue est importante car le nombre et l'ampleur des dossiers à traiter avec l'ASN (VD4 900, Post-Fukushima, Flamanville 3, EPR NM[9], etc.) nécessitent d'établir des priorités reposant sur les enjeux de sûreté. Pour bien instruire les dossiers et éviter les blocages des

[9] *EPR Nouveau Modèle.*

années passées, je considère nécessaire de **formaliser un processus d'échanges harmonieux avec l'autorité de sûreté** et son appui technique l'IRSN (Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire). Je propose donc de travailler sans tarder avec l'ASN sur la qualité et l'efficacité du dialogue technique et du dispositif d'arbitrages, visant à traiter les problèmes au niveau approprié, tout en prévoyant des mécanismes de passage au niveau supérieur.

L'année dernière, **j'en appelais à un choc de simplification** réglementaire tant la complexité et le foisonnement de la réglementation nuisaient à sa compréhension et à sa prise en compte par l'exploitant. **Force est de constater que la situation ne s'est guère améliorée :** je continue à percevoir le même désarroi chez des exploitants pourtant expérimentés et mobilisés. Tout écrire, tout prévoir est illusoire et serait, de toutes façons, hors de portée des capacités d'appropriation des acteurs. Une réglementation d'application trop difficile ne sert pas la sûreté. À l'inverse, **des textes simples à mettre en œuvre ne lui font pas nécessairement courir un risque supplémentaire.**

Je renouvelle mon appel : il faut trouver un compromis entre exhaustivité et réalisme de mise en œuvre, en limitant la réglementation aux objectifs, la responsabilité des moyens relevant de l'exploitant.

Enfin, si depuis ma prise de fonction en 2014, j'ai mesuré l'importance et les difficultés du dialogue avec l'ASN, j'insiste à nouveau sur la priorité à lui accorder et sur **l'intérêt de tout exploitant nucléaire à bénéficier d'une autorité de sûreté forte et reconnue.**

À EDF SA, de nouveaux équilibres à conforter pour l'ingénierie

L'AIEA recommande (INSAG 19) de garantir, durant tout le cycle de vie d'un réacteur, la conformité à son référentiel de conception et souligne, notamment, la nécessité pour chaque exploitant de disposer d'une *Design authority* [10]. Cela demande une ingénierie performante, qui porte la démonstration de sûreté depuis la conception jusqu'à la déconstruction et dont l'organisation identifie bien les responsabilités. Pour le groupe EDF, architecte ensemblier qui conçoit et construit la plupart des réacteurs qu'il exploite, il s'agit de disposer d'une ingénierie maîtrisant l'ensemble du cycle d'un réacteur, de la conception à la déconstruction. Celle-ci est un atout pour la sûreté car la proximité des acteurs facilite l'enrichissement mutuel des concepteurs et des exploitants. L'accident de **Fukushima nous a rappelé l'importance pour la sûreté de l'appropriation de la conception par l'exploitant.**

[10] *Au sens de l'INSAG 19 : « maintaining the design integrity of nuclear installations throughout their operating life ».*

En France, dans le cadre de la réorganisation du Groupe en 2015, l'ingénierie nucléaire, jusque-là regroupée dans une entité dédiée (DIN[11]), est répartie entre deux nouvelles directions : la DIPNN (direction de l'ingénierie et des projets du nouveau nucléaire) chargée du nouveau nucléaire et la DPNT (direction du parc nucléaire et thermique) chargée de la production. La DPNT intègre la DIPDE (division de l'ingénierie du parc en exploitation, déconstruction et environnement) chargée d'une partie de l'ingénierie du parc en exploitation. Cette nouvelle organisation renforce le poids de l'ingénierie nucléaire au sein du Comité exécutif du Groupe. Elle vise à améliorer la conduite des grands projets, dont Flamanville 3, et à renforcer dans le cadre du Grand carénage la proximité entre le parc et l'ingénierie chargée des modifications sur les centrales actuelles, ce dont je me félicite.

Je relève toutefois que des centres d'ingénierie désormais rattachés au nouveau nucléaire conservent une mission importante pour le parc en exploitation : cette situation **nécessitera de préciser des modalités de fonctionnement aussi simples que possible** (arbitrages, exercice de la responsabilité de *Design authority*). Je note aussi **un risque de distanciation entre le parc** existant et les réacteurs futurs, avec notamment une prise en compte insuffisante du retour d'expérience (REX) d'exploitation dans la conception. J'incite à la vigilance d'autant que ces évolutions interviennent dans le contexte du rapprochement en cours entre EDF et AREVA qui concerne aussi les ingénieries.

Dans la phase transitoire actuelle, j'attire l'attention sur l'importance du rôle des personnes encore présentes qui permettent le fonctionnement harmonieux de cette nouvelle organisation.

Travaux au CEIDRE

[11] *Division Ingénierie Nucléaire.*

Mieux intégrer l'exploitation dans la conception des réacteurs

En simplifiant et en optimisant le design de l'EPR, **le projet EPR NM** vise à concevoir un réacteur de forte puissance, sûr, performant et compétitif, pour préparer l'avenir du nucléaire en France et à l'exportation. Les objectifs de sûreté de ce réacteur sont basés, comme ceux de l'EPR, sur les critères de génération 3 intégrant les enseignements de l'accident de Fukushima et formalisés dans les *Safety levels* de WENRA[12]. Cette référence solide en fera **un réacteur particulièrement sûr**.

En complément de cette sûreté de conception, je considère que l'EPR NM doit prendre en compte les difficultés d'exploitation des réacteurs précédents pour en améliorer encore la sûreté. **La recherche d'optimisation** qui prévaut dans l'EPR NM **doit ainsi viser,** non seulement les phases de conception et de réalisation, mais intégrer **la future phase d'exploitation.**

Deux pistes me paraissent à approfondir : la simplicité de conduite et la facilité de maintenance. **La conception** des installations et l'implantation des équipements doivent viser à réduire encore le risque d'erreurs humaines mais, plus encore, **limiter et faciliter les interventions : améliorer l'inspectabilité, simplifier l'organisation et la logistique** des chantiers (ponts, accès, etc.), en particulier lors des arrêts de tranche.

En simplifiant l'action des intervenants, de telles dispositions réduiront les non-qualités de maintenance et seront, par conséquent, **bénéfiques à la sûreté.** Elles peuvent sans doute induire des demandes complémentaires dont les coûts seront à comparer aux gains réalisés en exploitation, en veillant au caractère réaliste des hypothèses.

La prise en compte du retour d'expérience et des besoins d'exploitation par le projet EPR NM passe par **l'implication précoce de l'exploitant**. Je considère que celui-ci doit, dès maintenant, s'investir qualitativement et quantitativement et être **pleinement intégré au projet**.

[12] *West European Nuclear Regulators Association.*

2 / LA SÛRETÉ EN EXPLOITATION : DES RÉSULTATS EN DEMI-TEINTE

Centrale de Hunterston au Royaume-Uni

En 2015, les résultats du parc français marquent le pas avec quelques points de vigilance, dont l'incendie.

Les résultats du parc d'EDF Energy se redressent sensiblement par rapport à 2014 avec un resserrement des performances des sites.

LES RÉSULTATS OPÉRATIONNELS

Dans le parc français

Je retiens, en premier lieu, l'absence d'événement significatif pour la sûreté (ESS) de niveau, supérieur ou égal à 2 sur l'échelle internationale INES, pour la troisième année consécutive.

Par rapport à 2014, le nombre d'événements significatifs classés au niveau 1 de l'échelle INES est stable (1,16 par réacteur). Le nombre total des ESS de niveau 0 (10,03 par réacteur) traduit le haut niveau de détection et de transparence d'EDF SA.

Je suis néanmoins attentif à la **dégradation observée dans plusieurs domaines dont l'incendie et les arrêts automatiques de réacteur.** J'ai bien noté la réaction engagée par les sites sous l'impulsion de la direction de la DPN et je suivrai avec attention l'efficacité des actions correctives.

En 2015 comme en 2014, les sites ont bien pris en compte les recommandations formulées lors des évaluations, à la fois celles de l'Inspection nucléaire d'EDF dans ses évaluations globales d'excellence (EGE) (environ 75 %) et celles des *Peer reviews* conduites par WANO[13]. Je suis sensible à la meilleure intégration des SOER[14] (77 %), porteurs du retour d'expérience international sur les incidents les plus marquants.

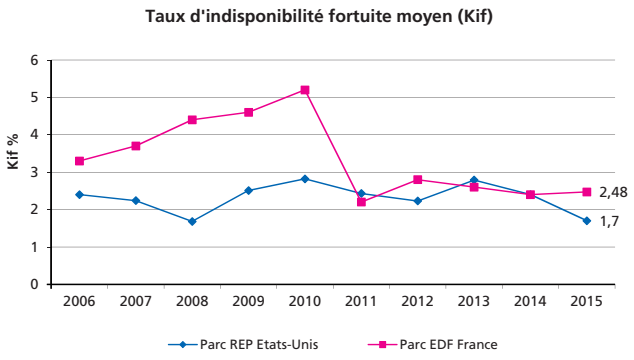
[13] *World Association of Nuclear Operators.*
[14] *Significant Operating Experience Report établis par WANO.*

Des motifs de satisfaction

Je soulignais en 2014 de trop nombreux ESS pour **non-respect des spécifications techniques d'exploitation.** J'observe avec satisfaction une **bonne progression sur ce point important pour la sûreté.** Celle-ci a été obtenue, entre autres, grâce à une meilleure maîtrise du pilotage permettant d'éviter des sorties du domaine de fonctionnement autorisé. Dans ce cadre, je salue la pédagogie du *Guide de maîtrise de la réactivité,* récemment mis à jour. Je note aussi le peu d'écarts enregistrés dans la gestion des condamnations administratives. Ce point, issu du retour d'expérience de l'accident de Three Mile Island, est fondamental pour garantir la disponibilité effective des systèmes de sauvegarde requis en cas d'accident.

Je retiens la meilleure **maîtrise des durées d'arrêts de tranche**, en particulier pour les arrêts à simple rechargement (ASR), passés en moyenne de 10 jours de prolongation par arrêt en 2013 à 2,8 jours en 2015. Cela est également vrai pour les visites partielles (VP) passées de 22 à 9,1 jours de prolongation. Cette meilleure maîtrise des arrêts a une influence positive sur la qualité de l'exploitation et la sérénité des équipes. En revanche, je note dans le même temps les **difficultés rencontrées pour les visites décennales VD** (prolongations de 55 jours en 2013, de 22,6 jours en 2014 et de 47,8 jours en 2015). Je juge prometteur le partage d'expérience réalisé fin 2015 entre les sites concernés par une VD en 2015 et 2016.

Je souligne aussi le bon niveau depuis plusieurs années du taux d'indisponibilité fortuite des réacteurs (2,48 %). Il démontre dans la durée la pertinence de la maintenance réalisée appuyée sur la démarche AP 913[15]. Le nombre de demandes de travaux restant à faire demeure faible. J'encourage à poursuivre dans ce sens, favorable à la sûreté.



Comparaison des taux d'indisponibilité fortuite des parcs REP France et Monde

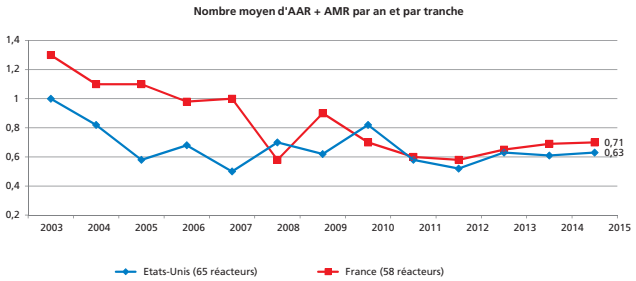
[15] *Méthode pour renforcer la fiabilité des matériels et la performance des systèmes.*

Je souligne le **très bon niveau de disponibilité des systèmes de sauvegarde** (RIS[16], ASG[17] et diesels de secours). Avec des taux d'indisponibilité respectifs de 0,03, 0,01 et 0,03, le parc français se situe toujours parmi les meilleurs mondiaux. Ce résultat témoigne de la vigilance de l'exploitant à minimiser les temps d'indisponibilité pour entretien ou essais de ces matériels importants pour prévenir le risque d'accident ou en réduire les conséquences.

Et des points de préoccupation

L'amélioration des résultats dans le domaine de l'incendie, observée en 2013 et 2014, ne se confirme pas en 2015. Les départs de feu ont augmenté (18 en 2015 et 10 en 2014) et l'on compte trois incendies notables sur les sites en exploitation (cf. chapitre 6). J'ai bien noté la réaction du parc : analyse des écarts et partage avec les sites, et je suivrai les actions engagées.

Le nombre d'arrêts automatiques de réacteurs (AAR) est en nette augmentation (38 en 2015 – 31 en 2014). Ce résultat se situe au niveau des années 2009-2010 et au-dessus du parc américain de même technologie. Cette situation mérite des actions vigoureuses afin d'inverser la tendance, d'autant que la part du facteur humain dans ces événements reste élevée (environ 50 %).



Comparaison des AAR-AMR des parcs REP France et Monde

Je suis surpris par les **difficultés rencontrées pour réduire les non-qualités.** Dans l'exploitation, elles restent au niveau de 2014 et, dans la maintenance, elles se dégradent (5 %). Leurs conséquences sont moins fortes, ce qui révèle à la fois un effort sur les non-qualités les plus significatives et une meilleure sensibilité de détection. Ces résultats en demi-teinte sont obtenus alors que le projet MQME[18] est engagé depuis 2013. J'ai bien noté la relance de la dynamique autour de celui-ci : un responsable a été nommé pour piloter les actions et coordonner les entités 2016.

[16] *Circuit de sauvegarde servant à injecter de l'eau dans le réacteur.*
[17] *Alimentation de secours en eau des générateurs de vapeur.*
[18] *Maîtriser la Qualité des activités de Maintenance et d'Exploitation.*

Activité de Maintenance

Dans le parc britannique

Comme pour la France, il faut retenir, en premier lieu, l'absence d'événement significatif pour la sûreté (ESS) de niveau supérieur ou égal à 2 sur l'échelle internationale INES, depuis plusieurs, années.
Le nombre d'événements de niveau 1 est stable par rapport à 2014. Avec 0,47 ESS/tranche/an, le parc britannique affiche toujours de meilleurs résultats que le parc français, cette différence relevant des pratiques de déclaration différentes entre la France et le Royaume-Uni, compte tenu des exigences des autorités de sûreté respectives. En particulier, je note la bonne progression au regard du respect des spécifications techniques d'exploitation : avec 1 non-respect/tranche et par an (1,53 en 2014), le parc britannique progresse.
Dans mon précédent rapport, j'attirais l'attention sur « l'étirement du peloton » des huit sites nucléaires d'EDF Energy. En 2015, je salue les progrès et j'encourage à les poursuivre.

Des motifs de satisfaction

Je note une **nette diminution des arrêts automatiques et manuels de réacteur.** En 2015, avec 9 arrêts automatiques de réacteurs (0,57 AAR/tranche/an), le parc britannique revient au niveau des années 2012-2013 et marque une nette progression par rapport à 2014 (17 AAR soit 1,17 AAR/tranche/an). Cette amélioration est aussi visible pour les arrêts manuels, passés de 9 en 2014 à 3 en 2015. Je souligne le bon pilotage par les sites de ce domaine, en particulier avec l'identification et le traitement des *Single point vulnerability* (SPV), grâce au projet AP 913 de fiabilité des équipements.
J'observe des premiers **progrès dans le domaine de l'incendie :** pas d'incendie majeur, un seul départ de feu mineur et une diminution des écarts, tous niveaux confondus. Ces résultats ont été obtenus grâce au travail engagé à la fois sur la tenue des installations et la fiabilité des matériels. Lors d'une de mes visites, on m'a, par exemple, présenté la démarche de sécurisation dans la durée des fuites d'huile, en proposant des modifications des installations. J'engage néanmoins à surveiller attentivement dans la durée le domaine de l'incendie, qui reste le principal risque interne de mode commun.
Je souligne les **progrès dans le domaine de la production** qui ont porté le coefficient d'indisponibilité fortuite à son meilleur niveau (2,3 % en 2015, 10,7 % en 2014). Le travail de fond engagé sur la fiabilité des matériels, dont les AAR et une bonne anticipation, a aussi un effet sur la sûreté et je m'en réjouis. J'ai noté un allongement des durées d'arrêts de tranche : il s'explique pour l'essentiel par les modifications apportées aux générateurs de vapeur[19].

Des points de préoccupations

Les écarts de lignage (2,87) restent au niveau de l'an dernier (2,8 en 2014) mais restent plus nombreux que ceux du parc français (1,79). J'engage à poursuivre le travail de partage initié entre EDF Energy et EDF SA.
Comme pour les REP français, la disponibilité des systèmes de sauvegarde de Sizewell B présente de très bons résultats. Pour les AGR, le travail réalisé par un groupe de pairs, issu de tous les sites, (PMPG[20]), a permis une bonne progression, notamment par un pilotage volontariste des indicateurs. **Je reste néanmoins attentif** au niveau élevé de l'indicateur **concernant les événements des alimentations électriques** (SSP5 WANO : 0,26% en 2014 et 0,27% en 2015), d'autant que le retour international des événements précurseurs incite à la vigilance (cf. rapport 2014).
Je remarque également les difficultés rencontrées par le parc britannique sur la qualité de maintenance et le travail engagé pour fiabiliser les interventions. Il rappelle, à bien des égards, les constats réalisés à EDF SA. Cette approche est d'autant plus intéressante que le parc britannique souhaite réduire la durée des arrêts de tranche et va donc devoir densifier les activités réalisées. Je conseille de mener ce travail en lien avec le parc français, en particulier le projet MQME récemment relancé.
J'ai noté sur l'un des réacteurs de Hunterston B, la détection de fissures sur une brique clavette, à l'occasion des contrôles effectués lors du dernier arrêt de tranche. Elles restent cependant bien en deçà des limites prises en compte dans le rapport de sûreté. Comme déjà évoqué dans les rapports précédents, ce point constitue l'une des fragilités des réacteurs AGR et mérite une grande attention.

[19] *Concerne les tranches de Heysham 1 et de Hartlepool.*
[20] *Plant Manager Peer Group.*

L'ANALYSE DES ÉVÉNEMENTS PRÉCURSEURS

Dans le monde, les événements précurseurs[21] sont analysés de manière approfondie au titre du retour d'expérience. Ils font l'objet à EDF SA d'un programme piloté par l'UNIE (unité nationale d'ingénierie d'exploitation) dont je salue la qualité. **La tendance à l'amélioration relevée depuis l'an 2000 se poursuit.** Sur la dernière période examinée (juillet 2014-juillet 2015), 7 événements précurseurs ont été identifiés sur 610 ESS tous de niveau inférieur à « important ». Ces études et le REX international montrent, cette année encore, que le **domaine d'attention principal reste celui des pertes de sources électriques** (50 % des événements précurseurs). Je vous invite donc à apporter un soin particulier au suivi des composants de cette catégorie, principalement les transformateurs, diesels et turbogénérateurs de secours (cf. encadré).

[21] *Evénements dont la probabilité conditionnelle de fusion du cœur est supérieure à 10^{-6} par réacteur et par an. Au-dessus de 10^{-4}, ils sont dits importants et au-dessus de 10^{-3}, significatifs.*

Deux événements sur des sources électriques

Perte simultanée de deux diesels de secours

En 2015, deux réacteurs d'un site américain sont en fonctionnement lorsque qu'une chute de tension sur le réseau provoque l'arrêt automatique des réacteurs et, en parallèle, l'ordre de réalimentation des équipements par les groupes électrogènes de secours (deux par réacteur et un en réserve sur le site).
Sur le premier réacteur, le démarrage des deux diesels et la réalimentation des équipements se déroulent normalement.
Sur le second réacteur, deux anomalies, l'une sur l'automate de reprise (remplacé en 2013) du premier diesel, l'autre sur le capteur de vitesse (modifié en 2007) du second diesel, empêchent de réalimenter les équipements. Les opérateurs recourent au groupe en réserve : les pompes de circulation sont remises en service après 12 minutes.

Un fonctionnement prolongé sur un seul diesel

Au cours d'un arrêt pour rechargement d'un réacteur français, l'alimentation électrique pour refroidir le combustible en piscine est assurée par le transformateur principal (TP).
En parallèle, des travaux de maintenance prévus sont réalisés (durée : 3 semaines) sur le transformateur auxiliaire (TA) dont le réfrigérant n° 12 fuit. À cette occasion, une fuite est constatée sur le réfrigérant n° 11 de ce TA. Au cours des interventions, plusieurs non-qualités surviennent :

- un type de montage différent de celui identifié lors de la préparation,
- une intervention sur le réfrigérant n° 11, sans dossier spécifique ni prise en compte du retour d'expérience de l'intervention sur le n° 12.

Le TP devant être consigné pour travaux, comme l'un des deux diesels, le TA est remis en service malgré une nouvelle fuite identifiée sur le réfrigérant n° 11 : elle évolue durant les jours suivants et conduit à la perte du TA. Le seul diesel disponible reprend automatiquement l'alimentation électrique et l'assure durant la réparation du TA (65 h). Une surveillance renforcée des matériels requis est immédiatement mise en place ainsi que des moyens complémentaires pour faire face à une éventuelle défaillance du diesel.

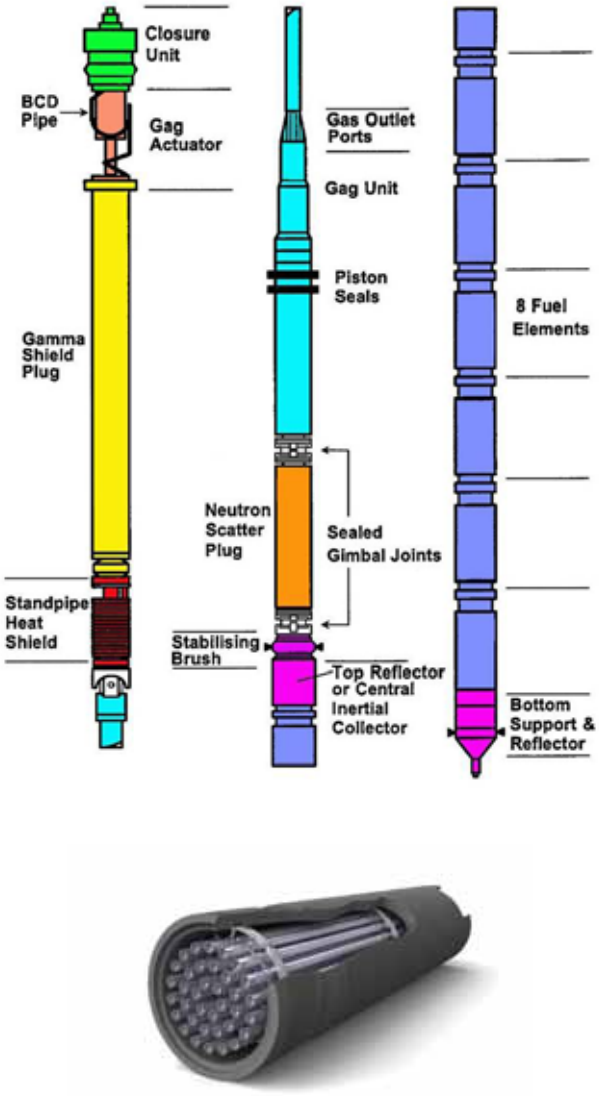
Mon analyse

Ces deux événements n'ont eu aucune conséquence pour la sûreté et je relève, dans les deux cas, une bonne réactivité des opérateurs et des acteurs de maintenance pour mettre en place des mesures compensatoires.
Dans les deux cas, des lignes de défense en profondeur ont été franchies en raison de défaillances de maintenance : qualification des composants, préparation d'activités, contrôle technique, gestion des pièces de rechange et traitement des écarts.

LES PERFORMANCES DU COMBUSTIBLE

Le combustible joue un rôle important en sûreté. La gaine des assemblages combustible qui contient les pastilles d'uranium constitue la première barrière entre les produits radioactifs et l'environnement.
À EDF SA, j'avais en 2014 noté à la fois une dégradation sur le taux de défaillance des assemblages, passé de

0,11 % en 2013 à 0,21 % en 2014, et la recrudescence d'événements de manutention, classés pour certains au niveau 1 sur l'échelle INES. Cette année, je me réjouis des **progrès accomplis** sur ces deux points.



Combustible AGR : vue d'ensemble et d'une cartouche combustible

Le taux de défaillance des assemblages est revenu à 0,11 % soit **9 assemblages non étanches sur plus de 8 267 déchargés** cette année. Un travail est bien engagé sur la conception des assemblages (type de gaine), la diversification des fournisseurs de combustible et aussi la meilleure prise en compte du risque de présence de corps migrants susceptibles d'agresser la gaine. Je note néanmoins le besoin d'une caractérisation précise des événements et une vigilance à maintenir sur le risque FME[22].

J'ai relevé lors de mes visites une **bonne prise en compte du retour d'expérience** des événements de manutention de 2014 et une bonne implication des managers sur ce point. J'ai, en particulier, apprécié la présentation qui m'a été faite à l'UFPI (unité de formation production ingénierie), à la fois du travail du CETIC[23] et de l'outil de simulation des séquences de rechargement sur tablette informatique. Cet outil, qui intègre les méthodes de fiabilité humaine, me paraît pertinent.

On m'a présenté l'avancement des études d'EDF SA et d'AREVA sur les déformations d'assemblages. Si ce phénomène complexe n'est pas totalement expliqué, les actions engagées (rigidifier les assemblages, mettre un terme à la gestion GALICE[24]) semblent aller dans le bon sens avec de moins en moins d'assemblages déformés. Il reste cependant encore du travail pour éradiquer ce phénomène susceptible de réduire l'efficacité de la chute des grappes, essentielle pour la sûreté.

Les ruptures de gaine sur les AGR d'**EDF Energy** sont de moindre conséquence car le combustible peut être déchargé plus rapidement. À chaque rupture, tout assemblage contenant une cartouche perméable est déchargé puis démonté. Toutes ces activités complexes ont été optimisées pour limiter le risque d'engorgement des flux à chacun des niveaux. Chaque cartouche est placée dans un conteneur étanche stocké dans une piscine puis envoyée pour expertise aux laboratoires de Sellafield.

Le **taux de défaillance des assemblages combustible est bon** et se situe au maximum à 6 cartouches pour environ 40 000 chargées dans le parc AGR depuis plus de quatre ans. Un nouveau type d'assemblage, le *robust fuel,* développé depuis plus de cinq ans, est progressivement chargé en réacteurs. Grâce à sa nouvelle technologie de grille de maintien des crayons combustibles et une gaine renforcée, il permet de lever les deux difficultés rencontrées par le passé : le *fretting*[25] et les conséquences du dépôt de carbone constaté sur certains assemblages.

Je salue le **bon pilotage de ce domaine** à EDF Energy. Tous les sites disposent des mêmes indicateurs qui sont bien challengés par le niveau national. Celui-ci réalise également une animation et un appui aux sites permettant le partage d'expérience et le traitement des problèmes.

[22] *Foreign Material Exclusion : exclusion des corps migrants.*

[23] *Centre d'Expérimentation et de validation des Techniques d'Intervention sur Chaudière Nucléaire à eau Pressurisée.*

[24] *Mode gestion du combustible sur le palier 1 300 MWe visant à de hauts taux de combustion.*

[25] *Phénomène de frottement entre la gaine et la grille lié au flux de gaz et conduisant à une usure localisée de la gaine.*

3 / UNE PRIORITÉ SÛRETÉ BIEN AFFIRMÉE

Opérateur en salle de commande

Le resserrement effectif des priorités en exploitation accorde bien toute sa place à la sûreté.

La simplification et le sens donné aux actions renforcent la sûreté et méritent d'être développés.

En particulier, c'est sur le terrain, au plus proche de l'intervention et des agents que se joue l'essentiel des progrès.

LA SÛRETÉ TOUJOURS EN BONNE PLACE

La sûreté est, et doit rester, la priorité de tous. Je me réjouis de constater que ce **principe** a été **bien réaffirmé en 2015** à plusieurs occasions.

Le projet **CAP 2030 du groupe EDF** confirme la place du nucléaire dans une production d'électricité bas carbone « *… en garantissant la sûreté et la performance du nucléaire existant et du nouveau nucléaire* ». Je note aussi le projet du COMEX de suivre et d'intégrer un indicateur de sûreté. Le projet **Génération 420 de la DPN** rappelle la prééminence de la sûreté (cf. encadré) et, dans le parc britannique, j'apprécie, sur tous les sites visités, la visibilité du mot d'ordre *Nuclear safety is our overriding priority.* La *Follow up* de la *corporate peer review* d'EDF Energy réalisée par WANO a été une réussite. Quatre des cinq recommandations AFI (Area for improvement) sont complètement prises en compte et la cinquième est en voie de l'être.

Quelles que soient les unités visitées en France et au Royaume-Uni, exploitation et ingénierie, je me félicite que cette **priorité sûreté soit bien incarnée** par les équipes de direction et par tous les managers rencontrés, qui la déclinent au quotidien.

Je note également avec satisfaction le bon fonctionnement des instances dédiées au management de la sûreté. Au

plus haut niveau du Groupe, le Conseil de sûreté nucléaire (CSN) permet le partage et l'élaboration d'orientations communes au regard de la priorité sûreté.
En France, le CSNE[26] est l'occasion d'un bon partage entre les unités de la DPN. La nouvelle organisation de l'ingénierie se traduit par la création de deux instances communes à la DPNT et à la DIPNN : le CRT[27] et le DRS[28] respectivement chargés d'établir et de valider l'application des référentiels. J'ai bien noté aussi le rôle de *Design authority,* désormais assuré par la DIPDE pour le parc en exploitation qui s'appuie sur d'autres entités d'ingénierie, dont certaines de la DIPNN.

Génération 420

Le nouveau projet de la DPN, Génération 420, s'étend jusqu'en 2025. Son ambition : **« produire durablement, en toute sûreté, 420 TWh avec un objectif de moins de 25 AAR/an. ».** Il est décliné autour de quatre orientations.

Mobiliser les femmes et les hommes du nucléaire en simplifiant, en responsabilisant chacun au sein de métiers forts et en fédérant les acteurs autour de la performance d'exploitation.

Obtenir une qualité d'exploitation irréprochable en poursuivant le programme Compétences et en facilitant le travail de l'intervenant : bien faire du premier coup, en déclinant les méthodes de sécurisation des interventions. Une meilleure maîtrise du pilotage des projets (tranche en marche, arrêt de tranche et programmation pluriannuelle) vient appuyer ce point.

Inscrire dans la durée l'outil industriel par la mise sous contrôle des futurs travaux et une implication dans l'évolution de la réglementation. Il fait de Flamanville 3 un modèle d'excellence.

Renforcer l'ouverture en mobilisant les synergies du Groupe, en renforçant la proximité avec les territoires et en développant les positions du Groupe à l'international.

Au Royaume-Uni, le *Nuclear safety committee* valide au niveau du parc les évolutions des rapports de sûreté. Le SODT, *Safety oversight delivery Team*, piloté par un directeur d'unité, réalise le suivi de la sûreté en exploitation du parc. Je me félicite du bon fonctionnement des revues périodiques de sûreté de chaque site, les NSRB, *Nuclear safety review boards* créées en 2014. Leur ouverture à des personnalités qualifiées externes est une bonne opportunité de partage.

UN PILOTAGE PAR LES RÉSULTATS EN PROGRESSION

Au cours de mes visites, sur les sites comme au niveau des parcs, j'ai mesuré la **force du « focus opérationnel ».** J'entends par là la capacité des managers à centrer les équipes sur les opérations à réaliser et sur les « machines », au service des résultats, en particulier de sûreté. Cette approche est, de mon point de vue, l'une des conditions de la pérennité des progrès.
Au Royaume-Uni, j'ai constaté un usage très poussé des indicateurs, sans doute lié à une pratique plus ancienne. Ceux-ci se retrouvent dans les bureaux des managers, sur le terrain où le management visuel est très développé et lors des réunions où la place donnée aux résultats est toujours importante. En France, j'ai observé que cette approche se développe, notamment dans les centres d'ingénierie. Les exemples de management visuel au sein des équipes restent néanmoins peu nombreux. Les réunions opérationnelles sont remarquables, en France comme au Royaume-Uni. En revanche, j'entends très fréquemment en France des critiques de la part des managers à propos de réunions jugées trop nombreuses, trop longues et trop peu centrées sur l'atteinte des résultats.
J'encourage, en s'appuyant sur l'exemple britannique, à améliorer l'organisation des réunions et à promouvoir le management visuel.

UNE PRÉSENCE TERRAIN DES MANAGERS PERFECTIBLE

J'accorde toujours beaucoup d'importance aux rencontres avec les managers de proximité. J'ai été frappé par leur **difficulté récurrente**, en particulier à la DPN, **à trouver le temps d'échanger** posément avec leurs chefs de service. Parmi les **raisons invoquées**, le **temps passé** par ces derniers **en réunion** les éloigne du terrain et ne permet plus un échange de qualité, garant d'un bon partage du sens.
En France, pour lutter contre cette tendance, de plus en plus de sites mettent en place des EDT, équipes dédiées terrain. Prioritaires sur toute autre activité, elles offrent un temps significatif à la présence terrain, parfois plusieurs journées complètes, et regroupent dans une

[26] *Comité Sûreté Nucléaire en Exploitation.*
[27] *Comité des Référentiels Techniques.*
[28] *Directoire des Réexamens de Sûreté.*

même équipe tous les niveaux de management et parfois les prestataires. J'encourage de telles démarches et, de façon plus globale, j'invite toutes les unités du Groupe à renforcer la présence terrain des managers.

COMPARER LES SITES POUR MIEUX CIBLER LES APPUIS

La **DPN** s'est dotée d'un dispositif qui lui procure une **bonne vision des unités.** Appuyé sur les différents retours disponibles (indicateurs, évaluations de l'Inspection nucléaire d'EDF et de WANO, présences terrain), il procure une évaluation solide. En complément, la DPN lui adjoint une auto-évaluation de chaque site au regard de « leviers » porteurs de performances. **EDF Energy** a mis en place de **nombreux indicateurs** sur tous les domaines ainsi qu'un document de synthèse, *Safety dynamic,* trimestriel.

En France, aucun site ne fait l'objet d'un plan de rigueur d'exploitation. Malgré un resserrement global des sites ces dernières années, j'observe encore des résultats variables, souvent associés à un déploiement partiel, voire parfois mal compris, des leviers de performance préconisés par la DPN. Au Royaume-Uni, j'ai été frappé en 2015 par la rapidité du resserrement des performances des sites, qui restera à confirmer dans la durée.

Je relève ainsi les bonnes pratiques du parc britannique dans l'aide apportée aux sites les plus en retrait :

- un appui très opérationnel par les unités centrales,
- une forte influence de l'animation de chaque domaine, portée par les différentes O*versight delivery teams* très tournées sur les performances, challengeant les sites en retard et favorisant l'échange de bonnes pratiques, porteuses de petites victoires.

J'encourage à profiter de la synergie entre les deux parcs pour continuer à échanger sur ce thème.

Rencontre Franco-Britannique

UNE SYNERGIE RICHE DE PERSPECTIVES

En France et au Royaume-Uni, je mesure la **bonne progression des échanges entre les deux parcs.** Celle-ci est tirée par les deux directeurs et leurs équipes. Des rencontres structurées se tiennent régulièrement pour faire le point des réussites et des difficultés et poursuivre cette dynamique autour de dix thèmes identifiés. Ces échanges, surtout visibles au niveau des managers, gagneraient à se renforcer dans les équipes.

En outre, la qualité de ces échanges, sur l'exploitation mais aussi la R&D et l'ingénierie, est un point favorable au moment de lancer la construction de nouveaux réacteurs au Royaume-Uni. Je serai donc attentif à la poursuite de ces travaux.

UNE SIMPLIFICATION QUI PROGRESSE DIFFICILEMENT

Comme l'an dernier, lors de mes visites dans les unités de la DPN, j'ai relevé une **forte attente de simplification**, de la part des **intervenants** comme des **managers de proximité.** Pour les MPL[29], complexité est synonyme de tâches administratives répétitives qui les éloignent du terrain. Pour les intervenants, les griefs portent souvent sur les trop nombreuses exigences, les dossiers d'interventions qui ne répondent pas encore assez à leurs attentes et la logistique qui peine à suivre.

Si je continue à mesurer les **effets positifs du resserrement des priorités,** opéré fin 2013 (sûreté et, maîtrise des arrêts) **à la DPN** au regard de la sérénité des équipes, je relève toujours une forte attente de priorisation dans les centres d'ingénierie.

J'ai constaté les **nombreux efforts réalisés** pour faire évoluer cette situation, à commencer par la direction du Groupe qui fait de la simplification l'un des points d'attention de son projet CAP 2030. La DPN, elle aussi, a retenu ce thème au service de la mobilisation des équipes et a établi **un programme d'actions** qui regroupe des démarches nationales mais aussi des actions issues du terrain, pour certaines déjà engagées. J'ai ainsi observé **les premiers effets visibles** à Paluel, premier site engagé dans le Grand carénage, où le projet logistique facilite la

[29] *Manager de Première Ligne.*

vie des intervenants. De même, les sites ayant déployé le SDIN (Système d'information du nucléaire) commencent à recueillir les bénéfices d'une documentation standardisée. À EDF Energy, je n'ai pas entendu les mêmes difficultés, sans doute du fait d'une approche des problèmes, plus pragmatique et plus orientée vers le terrain.
Bien conscient de la difficulté de ce travail qui requiert un fort engagement managérial, je salue les initiatives engagées à tous les niveaux et, j'encourage à les **poursuivre avec opiniâtreté.**
Je mesure le risque de complexification, généré par la réorganisation de l'ingénierie à EDF SA sur des processus transversaux importants pour la sûreté (pilotage des marges, traitement des écarts, etc.). En 2016, je m'attacherai à en apprécier la mise en œuvre.

EN FRANCE, LA FILIÈRE INDÉPENDANTE DE SÛRETÉ (FIS)

Une FIS solide au niveau central DPN

J'ai observé, **au niveau national, une organisation solide** où les responsabilités sont claires. S'appuyant sur des délégués d'état-major, le directeur délégué sûreté joue son rôle de rappel au sein de la direction du parc. L'UNIE GPSN[30] tient efficacement son rôle d'appui à la fois auprès des CNPE et de la direction du parc. Ce groupe assure bien l'animation nationale des métiers de la sûreté et son action est saluée par les CNPE.

Des chefs de mission sûreté qualité bien positionnés

Je m'attache à rencontrer **les chefs de missions sûreté qualité** lors des mes visites. Cette année encore, je les trouve **bien calés**, jouant à la fois leur rôle d'interpellation, s'ils jugent qu'un problème de sûreté n'est pas traité de la meilleure façon, et d'animation des équipes locales chargés de promouvoir la sûreté. Toujours fortement sollicités par des missions opérationnelles (protection de site, FARN[31], etc.), j'ai constaté qu'ils y font face avec courage et sérieux. J'attire tout de même l'attention sur l'accompagnement à la prise de poste.

Des ingénieurs sûreté reconnus

Dans les sites, j'ai observé des **collectifs d'ingénieurs sûreté soudés.** Ils sont **écoutés** par les métiers et par la direction avec laquelle ils sont en contact régulier. En revanche, ce collectif manque toujours d'expérience et de compétences de maintenance : des pratiques, comme l'appairage d'un ingénieur sûreté avec un service de maintenance, compensent ce manque en favorisant le partage d'expérience. J'estime à nouveau nécessaire de prendre des initiatives pour leur adjoindre de la compétence maintenance et des personnes expérimentées.

Partage d'information sur le terrain au Royaume-Uni

Des équipes d'auditeurs qui ne challengent pas assez la maintenance

Je relevais l'an dernier des équipes d'audit hétérogènes, ne jouant pas assez leur rôle d'aiguillon maintenance, faute de profils adaptés. Cette année, je note un léger progrès mais encore insuffisant, dans une période où les non-qualités restent importantes et où le volume des activités de maintenance augmente. J'ai relevé quelques bonnes pratiques – comme l'immersion d'un auditeur pendant plusieurs jours dans une équipe de maintenance, de façon à bien observer, comprendre et challenger la réalité des activités – mais je renouvelle ma recommandation de renforcer ces équipes en compétences de maintenance.

L'Inspection nucléaire (IN) toujours solide

Je me suis assuré que les visites et les inspections de 2015 ont bien été réalisées et que les ressources étaient toujours bien allouées à cette entité qui joue un rôle essentiel, auprès de la direction du parc et des directions des sites, dans l'amélioration de la sûreté. J'ai constaté que la **prise en compte par les sites des recommandations de l'IN reste stable et à un bon niveau** (75 %). Ce résultat est à comparer à l'avis de WANO suite aux *Peer reviews,* qui note un taux de prise en compte de ses recommandations en légère baisse à 75 % (79 % en 2014) et un respect des SOER à 77 %, en progression (68 % en 2014).

[30] *UNité d'Ingénierie d'Exploitation - Groupe Performances Sûreté Nucléaire.*
[31] *Force d'Action Rapide du Nucléaire.*

La Mission d'audit et d'évaluation (MAE) s'adapte à la réorganisation

La mission de contrôle interne de l'ingénierie, saluée par l'OSART de l'AIEA, est désormais rattachée à la DIPNN. Elle poursuit son activité en entretenant toujours une coordination avec l'Inspection nucléaire sur la supervision des équipes communes. Je m'interroge toutefois sur l'organisation prévue pour les contrôles des entités d'ingénierie désormais rattachées à la DPNT : la DIPDE et ses équipes communes. Je serai attentif aux réponses apportées à ces points ainsi qu'au maintien des compétences associées à ce contrôle interne.

L'Organisme d'inspection de l'utilisateur (OIU)

Cette entité de la DIPNN exerce son activité dans le cadre du décret relatif aux équipements sous pression. Elle couvre principalement les évaluations de conformité d'équipements de Flamanville 3. L'IGSNR garantit l'indépendance de ces évaluations à laquelle l'autorité de sûreté nucléaire (ASN) est très attentive. J'ai rencontré des agents compétents, mobilisés et faisant preuve du niveau d'indépendance attendu. Je souligne à nouveau le risque de déresponsabilisation de l'OIU par une approche trop présente de l'ASN sur des activités d'évaluation de conformité, pourtant déléguées dans un cadre strict. De plus, face à la méconnaissance du rôle de l'OIU par certaines entités d'ingénierie d'EDF SA et certains fabricants, j'ai tenu à rappeler en interne le rôle et l'indépendance de cette entité.
Début 2016, l'OIU réalisera le retour d'expérience de son fonctionnement : j'y serai très attentif.

Un Système d'autorisation interne (SAI) reconnu

Cette organisation, créée en 2014, traite certaines demandes de modifications temporaires des spécifications techniques d'exploitation. Après un an de fonctionnement, le **retour d'expérience est très positif** pour la sûreté. J'observe un haut niveau d'exigence des équipes d'EDF SA chargées d'instruire ces dérogations et une bonne indépendance de l'ICI (Instance de contrôle interne). Je salue le **caractère responsabilisant et pédagogique de ce processus :** il permet des échanges de qualité avec l'ASN, aide à la création d'un climat de confiance et offre à chacun la possibilité de consacrer les moyens à ses propres priorités. J'encourage à poursuivre dans cette voie sur d'autres champs que celui des spécifications techniques.

LE CONTRÔLE DE SÛRETÉ INTERNE À EDF ENERGY

Un bon positionnement des TSSM

J'ai constaté le **rôle majeur des TSSM** *(Technical and safety support managers)* sur les sites britanniques. Ils ont un périmètre étendu (sûreté, protection de site, sécurité, radioprotection, environnement) et des missions opérationnelles et managériales beaucoup plus marquées que les Missions sûreté qualité françaises. Ils tiennent néanmoins bien leur rôle de conseil sûreté auprès de la direction du site en s'appuyant sur des services sûreté bien gréés.

Attitude vigilante sur un chantier

Une Independant nuclear assurance (INA) solide

J'ai rencontré cette année les équipes de l'INA sur les sites et les services centraux de Barnwood. Cette entité réalise à la fois l'évaluation indépendante sur le site, sans toutefois tenir un rôle semblable à celui des ingénieurs sûreté français, et plusieurs visites ciblées (2 à 3 par an) sur un thème donné, avec le renfort d'inspecteurs résidents d'autres sites. Ces visites, réalisées par une dizaine d'inspecteurs sur un domaine, peuvent s'apparenter à celles réalisées par l'Inspection nucléaire en France lors des évaluations globales d'excellence. Ils réalisent également trois à quatre fois par an des inspections conjointes avec des inspecteurs de l'autorité de sûreté britannique (ONR).

Des revues de sûreté pertinentes

Comme déjà indiqué, des **revues périodiques de sûreté** (*Nuclear safety review board*, NSRB) sont réalisées tous les deux ans pour chaque site. Ce dispositif, créé en 2014 et ouvert à des personnalités qualifiées externes, a été **salué lors de la *Corporate follow up review* de WANO** mi-2015.

Il complète l'animation nationale autour de la sûreté réalisée par le directeur de l'un des sites *via* la *Safety oversight delivery team* (SODT).

Outre ces revues internes, j'ai noté la visite OSART[32] réalisée par les équipes de l'AIEA[33] sur le site de Sizewell. Cette visite est la première depuis 20 ans sur un site à la demande du gouvernement britannique.

[32] *Operational SAfety Analysis Review Team.*
[33] *Agence Internationale de l'Énergie Atomique.*

MES RECOMMANDATIONS

En France, au regard de la persistance du nombre élevé des non-qualités dans les activités de maintenance, je recommande de **poursuivre le renforcement des équipes locales de la filière indépendante de sûreté (FIS) en compétences issues de la maintenance**.

Le contrôle interne de sûreté de l'ingénierie nucléaire est une fonction importante pour la sûreté. Je serai attentif, dans la **nouvelle organisation** de l'ingénierie, à sa **pérennité**, à la fois sur son positionnement et les compétences allouées.

En France, des actions sont engagées en faveur de la **priorisation** et de la **simplification**. Pour autant, je considère que les managers restent absorbés par trop de réunions manquant d'efficacité. J'invite les directions nationales et locales à se saisir de cette question afin de **redonner aux managers du temps de présence auprès de leurs équipes**.

EDF SA et EDF Energy disposent aujourd'hui d'une bonne instrumentation des performances de leurs sites. Pour **aider les sites les plus en retrait à rattraper rapidement leurs retards**, j'encourage la mise en place de dispositifs particularisés et efficaces.

4 / PRÉVENTION DES RISQUES : DES PROGRÈS EN FRANCE

Contrôle en sortie de zone Nucléaire

Fermement portée par les managers, la prévention des risques à EDF Energy confirme ses bons résultats.

En France, les résultats de sécurité du travail et de radioprotection, EDF et prestataires, progressent notamment grâce à l'engagement croissant des managers.

La pratique de la vigilance partagée, clé de la réussite d'EDF Energy, est une voie prometteuse pour franchir une nouvelle étape en France.

DES RÉSULTATS DE SÉCURITÉ ENCOURAGEANTS

Amélioration des résultats du parc français en exploitation

Avec un Tf[34] de 2,7 pour les salariés d'EDF SA et les prestataires, les **résultats 2015** du parc en exploitation sont **les meilleurs jamais atteints** (3,2 en 2014). S'ils sont encore éloignés des meilleurs résultats à l'international, ils sont cependant significatifs car obtenus dans un contexte de travaux très importants. Sur les sites, je note la mobilisation des acteurs, forte et continue depuis trois ans, autour des règles vitales[35] ainsi que l'amélioration des déclarations et des analyses des presque accidents.

Je relève encore **une situation très contrastée entre les sites.** Certains obtiennent de bons résultats sécurité tout en réussissant à bien maîtriser leurs arrêts, y compris des arrêts lourds. D'autres, qui avaient des résultats moyens en 2014, reculent en 2015. De plus, les prestataires rencontrés me font toujours part des différences d'exigences entre les sites. Je regrette que les résultats consolidés site par site par la DPN n'incluent pas les résultats des équipes chargées des modifications sur les sites (équipes communes avec l'ingénierie).

[34] *Taux de fréquence des accidents du travail avec arrêt pour 1 million d'heures travaillées.*

[35] *Levage, risques électriques, chute de hauteur et tirs radiographiques.*

Des progrès continus à Flamanville 3

Le renforcement des dispositions de sécurité et le fort engagement des managers d'EDF et des entreprises permettent une nouvelle progression des résultats de sécurité (Tf de 6,1 en 2015, 7 en 2014 et supérieur à 30 en 2009). J'apprécie particulièrement la coordination opérationnelle des prestataires intervenant par zones géographiques et le partage périodique des cartographies des situations à risque.
Le contexte actuel du chantier est marqué par la **co-activité croissante** entre montages électromécaniques, épreuves hydrauliques, début des essais de démarrage signifiant la première mise en pression ou sous tension électrique des équipements, et premières mises en gaz (azote, etc.). Dans cette phase de démarrage, je considère que l'exploitant doit porter le plus haut possible les exigences de sécurité afin de commencer l'exploitation dans les meilleures conditions.
Je serai également très attentif à la bonne prise en compte, le plus en amont possible dans la conception, du retour d'expérience de la sécurité des chantiers de Flamanville 3 et de Taishan pour le futur chantier de Hinkley Point.

Accident lors d'une épreuve hydraulique

Sur un chantier à l'international, alors que l'épreuve était programmée pour atteindre une pression finale de 223 bars, un robinet s'est ouvert de manière intempestive à la pression de 125 bars. Cette ouverture subite a provoqué une violente projection d'eau. L'ingénieur qui assurait la surveillance de l'épreuve a été atteint par le jet d'eau et projeté en arrière. Aussitôt évacué vers l'hôpital, il souffrait d'une commotion cérébrale et de plusieurs fractures.

Toutes les épreuves hydrauliques ont été suspendues à la suite à cet accident. Elles ont repris progressivement en tenant compte du retour d'expérience. Le protocole d'utilisation des organes en limite d'épreuve hydraulique a été revu avec, notamment, l'examen des modalités de mises en service incluant leurs dispositifs de commande.

Cet accident rappelle l'importance des analyses de risques, en particulier pour les premières mises sous fluide.

Chantiers de déconstruction : priorité à la sécurité

Avec un Tf de 4,2, les résultats s'améliorent (5,7 en 2014). Ces chantiers longs nécessitent de maintenir dans la durée la vigilance des intervenants avec une filière industrielle spécifique. Sur ces chantiers coexistent des circuits en service (électricité, air sous pression, etc.) et des installations progressivement déclassées. Cette particularité est aujourd'hui bien maîtrisée sur les chantiers visités. J'ai également perçu que la prise en compte des exigences de sécurité est la même que pour l'exploitation ou les chantiers neufs, et je m'en félicite.

EDF Energy toujours exemplaire

Le Tf demeure très bas à 0,4 pour les salariés d'EDF Energy et les prestataires. Avec les excellents résultats obtenus depuis de nombreuses années, EDF Energy se distingue favorablement des autres industriels au Royaume-Uni et se place **au meilleur niveau des exploitants nucléaires mondiaux**.

MANAGEMENT DE LA SÉCURITÉ

Le Président d'EDF met la santé et la sécurité au premier rang[36] de ses préoccupations. Les ambitions affichées par EDF Energy (*Zero harm*) et par la DPN (Tf < 2 en 2018) s'inscrivent dans cette perspective.
Au Royaume-Uni, je constate sur le terrain et dans les réunions **une expression claire et visible des managers et des acteurs**, y compris prestataires, de la priorité sécurité. En France, si je relève sur certains sites un engagement comparable des managers, la mobilisation en faveur de la sécurité du travail, certes en progrès, n'est pas homogène ni assez visible sur le terrain.

Un bon exemple de ports des protections individuelles

[36] *Cf. Ambition collective de CAP 2030.*

Je demeure convaincu que culture de sûreté nucléaire et culture de sécurité du travail s'expriment dans les mêmes attitudes : rigueur, prudence, transparence.

La vigilance partagée : une nouvelle dynamique

Je constate, lors de mes visites au EDF Energy un comportement remarquable en matière de sécurité : chacun accepte d'être interpellé par l'autre et n'hésite pas à l'interpeller. Exemplaire, cette attitude de **vigilance partagée relève de la culture** et a mis **une dizaine d'années pour porter ses fruits**. Je me félicite que la DPN s'engage également sur cette voie et j'invite l'ingénierie à s'associer à cette démarche qui nécessitera beaucoup de persévérance.

Prévention des troubles du comportement et des addictions

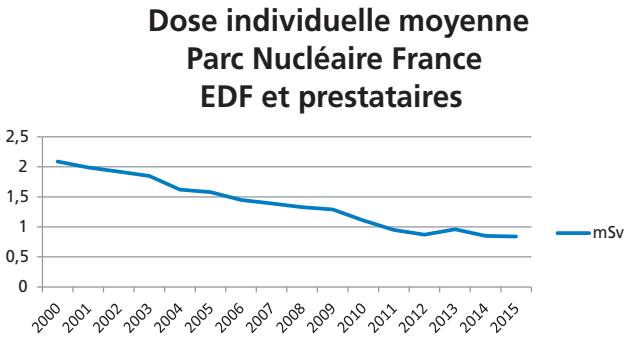
L'année 2015 a été marquée par le crash tragique de l'avion de la Cie Germanwings, qui a rappelé l'importance de la prévention des troubles liés au comportement ou aux addictions. Je considère que ces troubles seront d'autant mieux détectés et humainement traités que la vigilance et les informations sur les situations délicates seront partagées par un maximum d'acteurs : collègues, préventeurs, manageurs, filière Ressources Humaines, médecins du travail et représentants du personnel. L'existence de lieux d'écoute et d'expression libre, notamment dans les équipes de travail, est une ligne de défense à développer.

DE BONS RÉSULTATS EN RADIOPROTECTION

En France

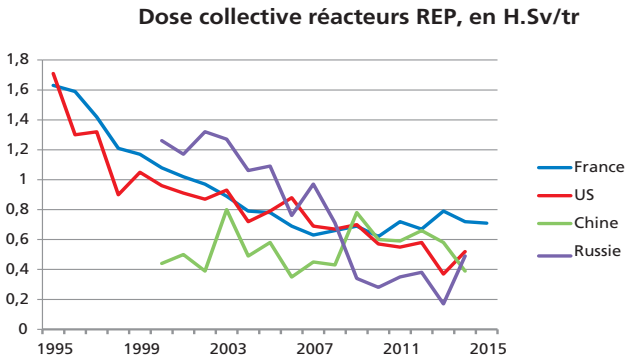
Les résultats progressent : poursuite de la diminution de la dose individuelle, respect des objectifs de dose collective, maîtrise des situations sensibles (zones rouges, zones orange, et tirs radio).

L'amélioration de la dose individuelle se poursuit avec une baisse de moitié sur quinze ans de la dose individuelle moyenne (cf. graphique). Le nombre d'intervenants, EDF et prestataires, cumulant une dose supérieure à 10 mSv, diminue et, en 2015, aucune exposition ne dépasse 15 mSv sur 12 mois glissants. Cette progression résulte d'un suivi très attentif des prestataires les plus exposés (calorifugeurs, robinetiers, soudeurs, examens non destructifs) avec l'appui de l'Unité ingénierie exploitation UNIE et de l'Unité technique opérationnelle UTO.



Dose individuelle moyenne sur 15 ans en France

La dose collective respecte l'objectif et diminue légèrement (0,71 hSv par tranche en 2015, 0,72 hSv/tr en 2014) en s'appuyant sur la démarche ALARA[37] et dans le contexte des travaux induits par le Grand carénage. Je considère néanmoins qu'au regard du REX international (cf. graphique), et en complément des actions de maîtrise du volume des activités, il est nécessaire de poursuivre les efforts engagés pour réduire la dose collective en diminuant le terme source, en supprimant les points chauds et en travaillant sur les faibles expositions.



Comparaison de la dose collective entre parcs REP

La dose horaire annuelle du parc baisse de 35 % sur dix ans mais évolue peu depuis 2010 (6,46 µSv/h) : 6,20 µSv/h en 2015. Elle fournit une indication utile car elle prend en compte l'ambiance radiologique, tout en s'affranchissant du volume d'activité. La maîtrise de cet indicateur résulte d'une conjonction de la réduction du terme source, des démarches ALARA et d'une amélioration des logistiques de chantier pour optimiser le temps de présence en zone contrôlée.

La maîtrise des zones rouges progresse avec aucun événement significatif de radioprotection (ESR) zone rouge dans le parc en exploitation (4 en 2014). Un ESR zone rouge a cependant été déclaré dans un site en déconstruction, l'AMI[38], dû au non-respect des conditions techniques d'accès lors du déclassement d'une cellule.

[37] *As Low As Reasonably Achievable : aussi faible que raisonnablement possible.*
[38] *Atelier des Matériaux Irradiés.*

Le nombre d'ESR zone orange diminue (29 en 2015, 33 en 2014). Un plan d'actions zone orange est en cours de déploiement. La dispersion des résultats entre sites pose la question de la gestion des points chauds et de l'efficacité du retour d'expérience. Un appui technique renforcé est fourni par l'UNIE GPRE[39] à plusieurs sites présentant une occurrence anormalement élevée d'ESR zone orange.

Les ESR **tir radio** sont **en dégradation** par rapport à 2014, sans engagement de dose (9 en 2015 et 6 en 2014). Le plan d'actions engagé en 2013 se poursuit. Le déploiement des sources au Sélénium 75[40] limite la zone de tir. En autorisant désormais des travaux à proximité de la zone de tir, l'usage de ces sources nécessite une attention particulière.

Surexposition d'un technicien aux États-Unis

Cet événement de radioprotection, classé au niveau 3 de l'échelle INES, est survenu en 2015, dans une usine de production d'isotopes pour des utilisations médicales.

Suite à un coincement du dispositif de transfert d'une source de Cobalt 60, le manipulateur a fait sortir la source de son dispositif de protection. Il a rapidement remis la source en sécurité. La dosimétrie reconstituée pour le corps entier a été estimée à 169 mSv et pour l'extrémité entre 2 370 et 9 500 mSv. Le technicien portait un dosimètre pour le corps entier.

Cet événement rappelle l'importance de disposer de matériels fiables et de maintenir une attitude rigoureuse et prudente dès qu'il y a manipulation de sources radioactives.

Les indicateurs de propreté radiologique sont globalement stables :

- taux de déclenchement aux portiques de sortie de zone contrôlée (C2) de 0,45 %, inférieur à 2014 (0,52 %). Ce résultat est d'autant plus positif que tous les sites sont à présent équipés de portiques de détection plus sensibles,
- taux de déclenchement aux portiques de sortie de site (C3) de 0,03 % (0,028 % en 2014),
- 10 ESR sortie de site (11 en 2014),
- 1 ESR de contamination de la voirie (1 en 2014),
- 4 événements significatifs de transport (EST) (1 en 2014).

[39] *Groupe Prévention des Risques et Environnement.*
[40] *Type de source ayant une énergie plus faible et une période de demi-vie plus longue.*

Après un ESR de niveau 2 sur l'échelle INES (contamination d'un travailleur au menton), la DPN a rappelé à tous les sites les dispositions de confinement des chantiers et l'importance de contrôles immédiats dès la sortie des chantiers contaminants.

Au Royaume-Uni

Le **très faible niveau d'exposition**, (0,067 mSv/tr est dû pour l'essentiel à la **conception des réacteurs AGR.** L'exposition individuelle maximale est de 7,8 mSv). Je souligne l'exposition collective sur Sizewell B, excellente pour un REP (0,048 hSv/tr).

Je note de bons résultats sur les déclenchements aux portiques C2 de sortie de zone (0,06 %).

MANAGEMENT DE LA RADIOPROTECTION

Une démarche ALARA bien ancrée

À EDF SA et à EDF Energy, l'animation de la radioprotection fait l'objet de dispositifs robustes, utilisant pleinement le retour d'expérience des sites et soutenue par les fonctions centrales (UNIE GPRE en France et *Fleet manager* radioprotection au Royaume-Uni).

À EDF SA, la démarche ALARA est bien intégrée dans les projets d'arrêt de tranche mais demeure en retrait pour les projets tranche en marche. Je soutiens la démarche d'élaboration d'une trajectoire de dose collective pluriannuelle actualisée par réacteur, lancée dans le cadre du Grand carénage.

Je souligne la bonne coopération entre les services de conduite, chimie, prévention et logistique. Je relève cependant encore trop peu de démarches propres aux activités de conduite, par exemple la prise en considération du débit de dose lors des opérations de lignage.

À EDF Energy, je relève les actions dans les chantiers écoles pour préparer les interventions spécifiques sur les générateurs de vapeur *(boilers)* des AGR ainsi que la **large implication des prestataires dans une approche partenariale.**

Poursuivre la réduction du terme source

Je note avec satisfaction en France la poursuite des actions de **réduction du terme source** par la maîtrise :

- de la chimie du circuit primaire durant les phases d'arrêt,
- du risque d'intrusion de corps étrangers dans les circuits primaire et auxiliaires (démarche FME[41]),
- de la **propreté des circuits** (assainissements),
- des points chauds.

[41] *Foreign Material Exclusion, exclusion des corps étrangers.*

Je relève l'appui ciblé de l'UNIE GPRE et j'insiste sur la nécessité de renforcer la coordination des métiers et des projets sur site. Je relève également l'intérêt de la démarche CADOR[42], visant à optimiser la pose des protections radiologiques.

L'innovation technique au service de la radioprotection

En France, le déploiement des postes de supervisions radiologiques est engagé, avec une fin encore lointaine (2018). Je note également les nombreuses actions soutenues par la R&D d'EDF :

- meilleure caractérisation du terme source pour optimiser les assainissements chimiques,
- visites virtuelles du bâtiment réacteur pour mieux préparer les interventions. Après un premier démonstrateur en 2014, le déploiement est prévu en France à partir de 2016,
- études pour diminuer l'exposition du personnel lors des opérations de décontamination, notamment des piscines,
- robotisation d'opérations dosantes dans le cadre du Grand carénage et des projets de déconstruction.

J'encourage ces démarches favorisant la prise en compte du retour d'expérience des chantiers et l'écoute des prestataires, porteurs d'innovation avec leur vécu opérationnel.

Contrôle de propreté radiologique d'un transport

[42] *Code d'Aide à la Décision pour l'Optimisation de la Radioprotection.*

Le déploiement progressif d'EVEREST en France

J'ai visité le plus ancien REP en exploitation aux États-Unis, Ginna, qui a divergé il y a 47 ans et est exploité depuis son démarrage dans un mode comparable à EVEREST[43]en France : entrée en zone nucléaire en tenue de travail ordinaire. Je souligne l'intérêt de cette démarche visant à **réduire la contamination à la source** et à responsabiliser les acteurs. Elle contribue à maintenir des réacteurs propres, faciles à exploiter puis à déconstruire.
Les visites croisées en 2015 entre sites EVEREST ont favorisé le partage des meilleures pratiques avec l'aide de l'UNIE GPRE. Flamanville 3 démarrera sur ce mode et un site 900 MWe envisage de l'adopter. Je souligne l'approche pragmatique du parc, qui laisse chaque site libre d'engager la démarche en fonction de son propre historique radiologique, de son activité industrielle et de sa capacité à assurer la lourde conduite d'un tel projet.

La reconquête de la propreté radiologique pour les réacteurs AGR

Les sites d'EDF Energy fonctionnent sur des principes analogues à EVEREST. Je salue les actions engagées pour renforcer les standards de propreté sur les réacteurs AGR. Le partage d'expérience entre EDF SA et EDF Energy concernant l'ergonomie des locaux doit améliorer la délimitation entre les flux entrants et sortants en zone contrôlée (principe de la « marche en avant »). J'ai noté l'étude d'opportunité de l'installation progressive et, au cas par cas, de portiques de contrôles radiologiques en sortie de site (portiques C3) à EDF Energy.

[43] *Evoluer VERs une Entrée Sans Tenue universelle, projet de reconquête de la propreté radiologique*

MES RECOMMANDATIONS

Le **leadership** et **l'engagement des managers** sont indispensables à la prévention des risques. En matière de sécurité du travail, je recommande de renforcer le **partage d'expérience entre les managers** des sites d'EDF SA et d'EDF Energy.
La **vigilance partagée** est un levier efficace pour renforcer la culture de sécurité. En France, j'appelle à soutenir la démarche à tous les niveaux **en impliquant les parties prenantes**, EDF et prestataires.
En France, la comparaison internationale met en évidence des marges de progrès en matière de **dose collective**. J'encourage la DPN à **prendre des initiatives pour réduire cette dose**.

5 / L'ORGANISATION DE CRISE RENFORCÉE APRÈS FUKUSHIMA

Exercice de déploiement d'une Colonne FARN

Le groupe EDF a, de longue date, mis en place des procédures et des organisations pour maîtriser un accident nucléaire et en limiter les conséquences.

La formation et l'entraînement régulier des équipes à faire face aux situations extrêmes conditionnent l'efficacité et la crédibilité de ces dispositions.

Après Fukushima, le Groupe a renforcé ses moyens de réponse aux agressions externes les plus sévères, susceptibles d'affecter tous les réacteurs d'un même site nucléaire.

Pour un exploitant nucléaire, l'organisation et la gestion de crise doivent faire l'objet d'une attention soutenue car elles constituent la dernière ligne de la défense en profondeur. Elles font l'objet de recommandations précises de l'AIEA dans l'INSAG 22[44].

EN FRANCE ET AU ROYAUME-UNI, UNE SOLIDE ORGANISATION NATIONALE DE CRISE

Dès l'origine des parcs nucléaires, **des organisations de crise ont été créées dans le groupe EDF.** Elles ont été régulièrement améliorées et sont aujourd'hui éprouvées.

En France, je relève d'abord le dispositif d'ensemble reposant sur une structure nationale centralisée, rapidement mobilisable. Cette structure rassemble l'ensemble des compétences d'EDF SA indispensables à la gestion d'une crise nucléaire tant pour la chaîne de commandement que pour l'expertise technique. Ainsi, les centres d'ingénierie nationaux (UNIE, SEPTEN[45], etc.) apportent une contribution importante à la gestion de crise nucléaire. De même, AREVA est organisé pour mobiliser au profit d'EDF SA les compétences attendues, notamment pour la conduite accidentelle.

Cette organisation nationale de crise (ONC) assure également la fluidité des relations avec l'ASN, l'IRSN et les pouvoirs publics chargés de la protection des populations.

[44] *Recommandations de l'International Nuclear SAfety Group qui aborde l'organisation de la gestion de crise.*

[45] *Service d'Études et de Projets Thermiques Et Nucléaires (DIPNN).*

Au Royaume-Uni, j'observe de grandes similitudes avec le dispositif français, avec un même lien étroit entre EDF Energy, l'ONR[46] et les pouvoirs publics.

LES ENSEIGNEMENTS DE FUKUSHIMA

L'accident japonais (mars 2011) a confirmé l'importance d'une organisation de crise bien structurée (exploitant, pouvoirs publics), entraînée et disposant de moyens adaptés[47]. Il a particulièrement mis en lumière la nécessité de **mieux prendre en compte les agressions externes** affectant tous les réacteurs d'un même site nucléaire, avec perte simultanée des sources d'alimentation électrique et des moyens de refroidissement des réacteurs.

En France, les prescriptions techniques post-Fukushima, émises par l'ASN en 2012, portent sur d'importantes modifications matérielles (groupes électrogènes, appoints en eau, centres de crise locaux, etc.), à réaliser dans des délais courts pour certaines. Elles intègrent également des exigences nouvelles en matière d'organisation de crise, dont la création de la FARN[48].

Au Royaume-Uni, si l'approche retenue par l'ONR relève de principes comparables, la forte inertie thermique des réacteurs AGR autorise un délai d'intervention sensiblement plus long et limite le besoin de modifications matérielles et organisationnelles.

Dans les deux pays, l'ensemble de ces dispositions permettront d'atteindre l'objectif de sûreté du Groupe : « Aucun accident grave ne doit avoir de conséquence sur la contamination de territoires importants sur le long terme. »

LES ACTIONS ENGAGÉES EN FRANCE

La FARN

Je relève que dès le printemps 2011, EDF SA a proposé à l'Autorité de sûreté la création d'une force d'intervention rapide. Son objectif est de **rétablir en moins de 24 heures le refroidissement** du ou des réacteurs accidentés avec des équipes EDF dédiées, qui rétablissent l'eau et l'électricité et conduisent les réacteurs dans un état sûr. L'ASN a validé ce dispositif.

Dès 2012, EDF SA a également fait évoluer son référentiel de gestion de crise, qui prend désormais mieux en compte les situations météorologiques sévères et intègre la gestion de plusieurs réacteurs accidentés sur un même site.

La Force d'Action Rapide Nucléaire

La FARN rassemble plus de 330 techniciens et ingénieurs. De 2012 à 2015, 85 000 heures de formation ont été consacrées à la formation initiale.
En cas d'accident, chaque service régional grée une colonne, déployée sur le site accidenté.
Une colonne (14 personnes) ou convoi d'intervention peut comporter :

- deux véhicules légers 4x4,
- deux à trois camions plateaux,
- un à deux semi-remorques porte-char,

soit une capacité de transport de plus de 130 tonnes de matériels (motopompes, groupes électrogènes, tuyaux, liaisons électriques, éclairages, etc.).

EDF a progressivement déployé ce dispositif sur les sites de 2013 à 2015. Je me félicite que, depuis le 1er janvier 2016, la FARN soit prête à intervenir sur tous les sites en France. Cette force est intégrée dans l'organisation de crise d'EDF SA, avec une direction commune. Je souligne la réactivité et l'efficacité de l'entreprise qui s'est dotée, en un peu plus de trois ans, d'un tel dispositif regroupant plus de **330 professionnels formés** et rassemblant des équipements de haut niveau (hélicoptères mis à disposition dans le cadre d'une convention avec RTE, près de 50 véhicules dédiés, système de communication de crise satellitaire, quatre bâtiments neufs sur chacune des bases régionales).

À l'occasion d'un exercice dans un CNPE, j'ai été impressionné par ces équipements et j'ai mesuré l'engagement et le professionnalisme des personnes concernées, vivant cette mission de pionniers avec enthousiasme. Les moyens matériels dont l'entreprise a choisi de se doter contribuent à cette mobilisation.

La constitution des équipes de la FARN avec des techniciens et ingénieurs **détachés à 50 % de leur temps dans un CNPE d'affectation** retient mon attention. Je mesure en effet la difficulté d'organisation dans la durée d'une telle répartition qui, si elle garantit bien les qualifications attendues pour ces équipes, n'est pas facile à mettre en œuvre par les services d'accueil. J'ai également perçu les inquiétudes exprimées par des équipiers FARN quant à leurs conditions de retour dans leur CNPE ou leur métier d'origine, une fois leur mission terminée. La réponse à ces attentes sera une des clés du **renouvellement des compétences de ces équipes** dans les prochaines années.

Je relève les nombreuses actions d'ouverture internationale et de comparaison avec les meilleures pratiques, organisées par l'état-major de la FARN, en particulier aux États-Unis. J'ai eu l'occasion de visiter l'un des deux *Emergency response centers* américains à

[46] *Office for Nuclear Regulation : autorité de sûreté nucléaire britannique.*
[47] *cf. le SOER WANO 2013-2 rév.1 Post-Fukushima Daïchi nuclear accident, lessons learned.*
[48] *Force d'Action Rapide Nucléaire.*

Phoenix (Arizona). Je mesure la solidité de l'organisation mise en place en France au lendemain de Fukushima, **sans réel équivalent dans le monde.**
Je note que les services d'ingénierie d'EDF SA envisagent d'intégrer ce dispositif, performant au regard des accidents graves, pour étayer des dossiers de réexamen de sûreté des réacteurs. Si de telles réflexions me paraissent légitimes, j'invite à bien évaluer les risques de fragilisation qu'une extension du périmètre de la FARN pourrait entraîner pour cette organisation récente.

Exercice de la FARN sur le site de Civaux

Le renforcement des équipes de conduite

Je relève également le renforcement des ressources permanentes affectées aux équipes de conduite des réacteurs, pour prendre en compte les situations accidentelles affectant simultanément plusieurs réacteurs d'un même site. Cet investissement de plusieurs centaines d'agents supplémentaires, avec des durées de formations initiales longues, est échelonné sur plusieurs années. Ce dispositif sera opérationnel en 2020.

La construction des centres de crise locaux (CCL)

Chaque CNPE sera doté d'un nouveau centre de crise, le CCL, dont je relève le dimensionnement et la robustesse (1 250 m², 3 niveaux, tenue au séisme, confinement, etc.). Cet investissement important, dont la **première réalisation est engagée sur le site de Flamanville**, illustre bien l'importance accordée par EDF aux moyens de gestion de crise.

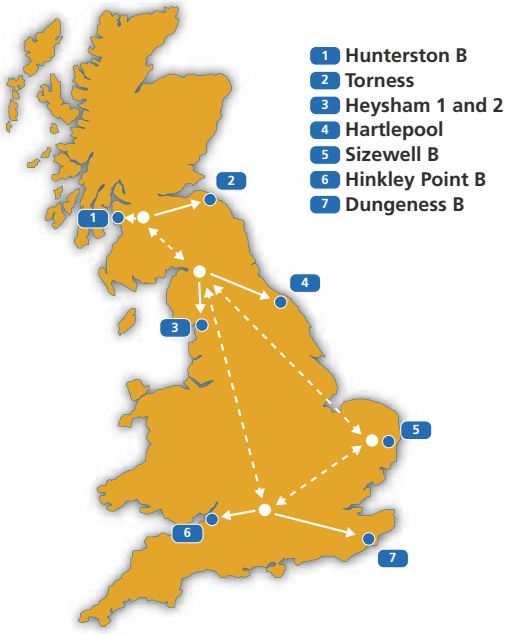
LES ACTIONS ENGAGÉES AU ROYAUME-UNI

La mise en place de dispositifs de secours mobiles

La situation des 14 réacteurs AGR d'EDF Energy est plus favorable au regard du délai d'intervention que celle des REP et ne rend pas nécessaire un dispositif comparable à la FARN française. EDF Energy a néanmoins mis en place, après Fukushima, un dispositif reposant sur des matériels mobiles : le ***Deployable back-up equipement*** **(DBUE)**.

Le *Deployable Back Up Equipement*

4 bases régionales (dont une dédiée à Sizewell B)



Carte des Implantations des moyens mobiles au Royaume-Uni

Quatre bases régionales réparties à proximité des huit sites nucléaires d'EDF Energy (dont une dédiée au seul site REP de Sizewell B) rassemblent des moyens techniques de secours (groupes électrogènes, pompes, moyens de communication, moyens de transports lourds, centre de crise mobile, etc.). Ces moyens sont déployés par la filiale d'EDF Energy, TSG[49], en lien avec l'entreprise prestataire en charge de chacune des bases régionales.
À la différence de la FARN, ce sont **les personnels des centrales qui ont la charge de mettre en service ces matériels de secours** une fois installés sur site par TSG, qui n'a pas de compétences propres pour prendre les commandes des réacteurs accidentés. Deux actions restent à mener d'ici à mi-2016 : l'établissement des procédures nationales de gestion de crise (*Emergency preparedness handbook*) et la mise en place des connexions de secours sur Sizewell B.

La construction d'un nouveau centre de crise

Le seul REP d'EDF Energy, Sizewell B, a été équipé en 2014 d'un *Emergency response centre*, à l'extérieur du site qui regroupe la base régionale dédiée et le centre de crise local. Je note également que le futur site de Hinkley Point C sera doté d'un équipement similaire à celui de Sizewell.

[49] *Turbine Support Group, entité chargée également de la maintenance des turbines d'EDF Energy.*

Chantier du CCL dans le site de Flamanville

DES ÉQUIPES ENTRAÎNÉES À FAIRE FACE À LA CRISE

La qualité et la fréquence des exercices d'entraînement à la gestion des crises nucléaires font l'objet d'exigences croissantes, aux niveaux national et local, et impliquent les exploitants, les pouvoirs publics et les autorités de sûreté.
En 2015, j'ai observé avec mon équipe l'exercice national de crise d'un site d'EDF SA (PUI-SR[50]) depuis chacun des postes de commandement mobilisés (EDF, ASN, IRSN, préfecture) ainsi qu'un exercice de la FARN.
Je perçois **un réel savoir-faire** et une bonne complémentarité entre les différents acteurs et entités. Je mesure notamment l'expérience des équipes nationales d'EDF SA, régulièrement entraînées (plus de dix exercices nationaux par an) et apportant très vite soutien et méthode aux équipes locales. Je me félicite également du bon couplage avec les simulateurs, qui rend plus réalistes des exercices issus d'une coopération exigeante entre les experts scénaristes d'EDF SA et de l'IRSN.
À EDF SA et EDF Energy, chaque site nucléaire réalise **chaque année une douzaine d'exercices locaux**, couvrant l'ensemble des domaines : sûreté-radiologique, incendie, environnement, protection de site. Si je relève l'efficacité de ces organisations de crise, démontrée par la bonne maîtrise des situations réelles survenues ces dernières années, j'ai noté les axes de progrès identifiés par WANO en matière de diversité et de difficulté des scénarios retenus pour les exercices locaux réalisés en France. De même, si les exercices de mise en place des moyens locaux de crise (MLC) progressent sur les sites, je souligne que trop souvent WANO comme l'Inspection nucléaire d'EDF **évaluent sévèrement leur gestion dans les CNPE.** C'est pour moi un **sujet de préoccupation.**
En France, je relève également un bon niveau d'entraînement des équipes de la FARN qui ont réalisé, en trois ans, 21 exercices d'ensemble, validant le dispositif pour 15 CNPE. S'y ajoutent des exercices d'ampleur plus réduite pour le maintien des compétences des équipes. J'attire l'attention sur **l'importance du REX des exercices et des situations réelles.** Au niveau local comme au niveau national, des marges de progression existent et l'animation du réseau des chargés de crise des sites doit constituer un levier efficace. L'exploitation du REX international mérite également d'être renforcée.
Au Royaume-Uni, les équipes de la DBUE, dont la mission est avant tout logistique, ont une marge de progression avec seulement 3 exercices réalisés en deux ans, **ne couvrant pas encore l'ensemble des sites.**
Dans le Groupe, je mesure l'importance croissante prise par la gestion de crise dans ses dimensions autres que sûreté-incendie-secours aux blessés : environnement, protection des sites. Je souligne l'intérêt de réaliser des exercices couplant ces enjeux et je me félicite des actions engagées sur les sites.

LES RELATIONS ENTRE EDF SA ET LES POUVOIRS PUBLICS

En France, la relation opérationnelle entre l'exploitant et les pouvoirs publics est un élément important de la gestion d'une crise nucléaire. La MARN[51], créée en 1995 avec le concours de l'Autorité de sûreté et d'EDF SA, a pour missions principales d'établir un état des PPI[52] sur tout le territoire et d'appuyer les préfectures dans l'organisation et la réalisation des exercices de crise comme en situation réelle.
Je souligne la contribution soutenue d'EDF SA dans le bon fonctionnement de cette entité : un chargé de mission y est détaché en permanence. La MARN contribue ainsi à favoriser le retour d'expérience dans la mise à jour des PPI et, plus généralement, veille à la progression de l'engagement des services préfectoraux dans ce domaine.
Je relève que certaines décisions budgétaires prises par les services de l'État en région pourraient fragiliser les compétences de ces équipes.
J'invite également à développer davantage au plan local les relations les plus nourries entre les directions des CNPE, leurs chargés de crise et les services préfectoraux, en particulier les directeurs de cabinet et les responsables de SIDPC[53].
Je mesure sur le terrain la **qualité de la coopération entre les sites du groupe EDF et les acteurs locaux** de la gestion de crise (services d'incendie, hôpitaux, SAMU), formalisée par des conventions engageantes et suivies.

[50] *Plan d'Urgence Interne – Sûreté Radiologique.*

[51] *Mission nationale d'Appui à la gestion du Risque Nucléaire, rattachée au ministère de l'Intérieur.*

[52] *Plan Particulier d'Intervention, dispositif de gestion de crise nucléaire établi par chaque préfecture concernée.*

[53] *Services Interministériels de Défense et de Protection Civile, dans chaque préfecture.*

Je note les réflexions actuellement engagées au niveau européen, en particulier sous l'égide de WENRA et de l'ENSREG[54], pour l'extension des périmètres des PPI (distribution de comprimés d'iode et évacuation des populations). Si je comprends bien la nécessité d'harmoniser ces dispositions en Europe, je m'interroge sur la pertinence et le caractère réaliste des extensions envisagées. Et ce, alors que de nombreuses mesures ont été prises ou en sont cours de déploiement pour qu'aucun accident grave n'ait de conséquence sur la contamination de territoires importants sur le long terme. Je souligne, par ailleurs, que **les évacuations massives ne sont pas sans risque d'accidents pour les populations**, comme l'accident de Fukushima l'a mis en lumière.

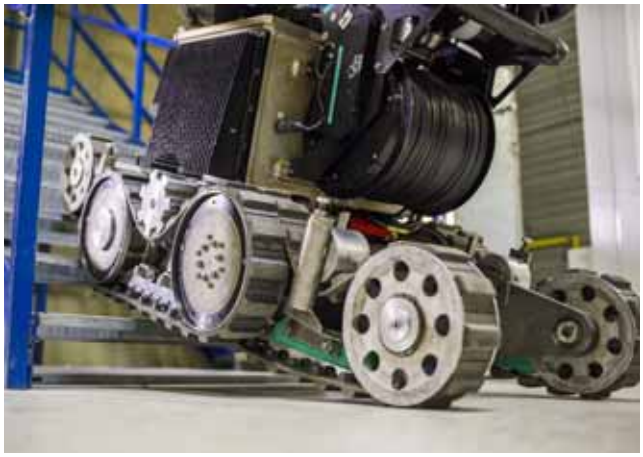
UNE ENTITÉ UNIQUE, LE GROUPE INTRA

EDF SA, AREVA et le CEA ont décidé en 1988, après l'accident de Tchernobyl, la création d'un groupement d'intérêt économique (GIE), le groupe INTRA, pour mutualiser des moyens susceptibles d'êtres déployés en urgence si une situation similaire venait à se produire en France. Opérateur d'un parc de matériels télé-opérés permettant d'intervenir en moins de 24 heures en cas d'accident nucléaire de grande ampleur, cette entité est basée sur le site de Chinon. Elle rassemble un groupe permanent de 20 salariés issus de ces trois entreprises et fédère un réseau complémentaire de 25 volontaires, formés au pilotage de ces équipements et répartis sur les sites nucléaires français.

J'ai été impressionné par la **nature et le nombre des matériels exploités par le groupe INTRA :** bulldozers, drones pour cartographies radiologiques, robots d'intervention en milieu hostile capables de gravir des escaliers, etc. Je mesure la richesse technologique de ces équipements et l'importance du travail de qualification accompli depuis l'origine. On m'a également présenté le dispositif de formation des opérateurs, soumis à habilitation, et désormais doté d'un simulateur de pilotage de robots.

Je me félicite de l'existence d'un tel groupe, dont le périmètre d'intervention est à ce stade limité à la France. J'encourage EDF Energy à nouer des contacts avec le groupe INTRA dont les missions pourraient très bien être étendues à ses installations, sous réserve de l'accord des partenaires CEA et AREVA.

Je note que certains matériels doivent être renouvelés. J'attire l'attention sur l'intérêt d'une réflexion préalable à ce renouvellement afin d'actualiser les missions et le périmètre de cette entité précieuse dans le dispositif global de gestion de crise du Groupe EDF.



GIE INTRA : Robot d'Observation et de Localisation dans l'environnement

[54] *European Nuclear Safety REgulators Group.*

MES RECOMMANDATIONS

Le groupe EDF dispose d'une **organisation de crise qui fait référence et constitue une dernière ligne solide de défense en profondeur.** J'invite les directions locales et nationales à toujours bien afficher l'importance de cette mission pour une bonne mobilisation des acteurs, à tous les niveaux. J'encourage également le renforcement du travail en réseau, au sein des parcs, notamment pour **mieux utiliser le retour d'expérience** interne et externe.

Dans le Groupe, l'entraînement des équipes de crise fait l'objet, ces dernières années, d'une attention croissante. **En France**, j'invite à poursuivre dans cette voie, en particulier en **améliorant la difficulté des exercices locaux** de crise et en renforçant les entraînements de mise en œuvre des moyens locaux.

À EDF SA, la FARN consolide encore la robustesse de l'organisation de crise. J'attire **l'attention sur la pérennité des compétences** de cette nouvelle entité et sur la stabilité de son périmètre d'intervention dans les prochaines années.

6 / PRÉVENTION INCENDIE : UN MAILLON ENCORE FAIBLE

Exercice incendie pour les sapeurs-pompiers et agents EDF sur un CNPE

L'incendie, risque industriel le plus probable, représente un enjeu de sûreté nucléaire majeur pour le groupe EDF.

L'organisation et l'efficacité de la lutte contre l'incendie sont solides, les équipes EDF bien entraînées et les liens opérationnels avec les services de secours externes en progrès constants.

Dans le Groupe, l'état perfectible des installations et les départs de feu encore trop nombreux illustrent une culture de la prévention insuffisante. La synergie entre EDF SA et EDF Energy est une opportunité pour progresser.

Maîtriser le risque incendie, en exploitation comme sur les chantiers de construction et de déconstruction, demeure un challenge pour tout exploitant nucléaire. Les dispositions pour le relever concernent la conception des installations et des équipements ainsi que leur exploitation (organisation, formation, prévention).

EN 2015, DES ÉVÉNEMENTS MARQUANTS

Je relève en France **trois incendies notables** survenus dans des unités en exploitation :

- le premier, sur la partie non nucléaire des installations, est un feu de titane dans le condenseur, lors d'opérations de découpage, le premier du parc nucléaire français (cf. encadré). J'ai mesuré sur place ses conséquences impressionnantes. Il fait l'objet d'une analyse approfondie,
- le deuxième, sur la partie non nucléaire de l'installation (feu dans une armoire électrique de l'excitatrice de l'alternateur),
- le troisième, dans la partie nucléaire de l'installation, sur le circuit auxiliaire de contrôle volumétrique et chimique. Sans conséquence pour la sûreté nucléaire, cet événement retient néanmoins mon attention, en raison de la prise en compte insuffisante du risque hydrogène lors de travaux et d'un appel tardif à des secours extérieurs.

FEU DE MÉTAL SUR UN CONDENSEUR

En début de soirée, dans une installation à l'arrêt pour maintenance, lors du retubage du condenseur, un feu se déclare en salle des machines (zone non nucléaire) dans l'un des compartiments du condenseur, qui comporte au total plus de 95 000 tubes en titane.
Sans conséquence sur la sûreté ni sur l'environnement, l'incendie n'a fait aucun blessé mais il a occasionné des dégâts importants. Un plan d'urgence interne (PUI) incendie hors zone contrôlée (IHZC) a été activé avec mobilisation des secours extérieurs.
La cause du départ de feu semble être l'inflammation de poussières de titane, issues de la découpe des tubes. Cette inflammation aurait été provoquée par l'utilisation d'une torche à plasma pour découper les plaques porte-tubes en acier. L'incendie s'est ensuite propagé aux tubes en titane.
Encore en cours, l'analyse de cet événement rare (feu de métal) fournira un retour d'expérience précieux aussi bien pour les phases de préparation de l'intervention que pour la réalisation des travaux et la gestion de l'incendie.

Je retiens également l'incendie survenu sur un chantier de déconstruction lors d'une opération de conditionnement de déchets métalliques. Sans conséquence pour l'environnement, il rappelle que ce type de chantier doit également faire l'objet d'une grande attention.
Si **ces incendies ont été très bien maîtrisés grâce au professionnalisme et au sang-froid des équipes des sites** et des services départementaux d'incendie et de secours (SDIS), ils rappellent à tous la réalité et les conséquences potentielles de ce risque.
Dans le Groupe, je note également, en 2015, que le nombre d'événements incendie (départs de feu et autres écarts) se réduit à EDF Energy et augmente légèrement à EDF SA. Dans les deux parcs, l'analyse des événements précurseurs montre que, depuis plusieurs années, **la cause principale porte sur les matériels électriques** (plus de 50 %). En France, le facteur humain est également une cause significative (25 %). Au Royaume-Uni, si le nombre de fuites d'huile reste trop élevé, j'observe que le nombre de départs de feux dus à ces fuites baisse. Les efforts menés en matière de fiabilité des équipements et de pratiques professionnelles (comportements plus rigoureux des intervenants, *ownership* affirmé) donnent également des premiers résultats dans ce domaine.

UN DISPOSITIF DE LUTTE CONTRE L'INCENDIE ROBUSTE

Dans le Groupe, des efforts importants ont été réalisés durant la dernière décennie pour mieux maîtriser le risque incendie, en particulier dans le domaine de la lutte.

Installation de lutte contre l'incendie sur une centrale au Royaume-Uni

De nombreux points de progrès

En France, je relève les points suivants :

- Les **liens étroits avec les SDIS**, qui continuent à se développer dans le cadre de conventions périodiquement enrichies. L'engagement personnel des directeurs, les nombreux exercices et les visites croisées pour mieux connaître les installations sont une bonne illustration. À l'exemple de Belleville, les sites contribuent également à faire naître des vocations de sapeurs-pompiers volontaires.
- La création d'équipes de première intervention reposant sur les équipes de conduite et parfois de protection de site, présentes dans les installations 24h/24h et bien formées.
- Les **entraînements** et exercices des équipes concernées, **plus nombreux** et comportant des scénarios plus complets (dont l'incendie majeur), construits à partir du retour d'expérience.
- Le rôle positif de l'IFOPSE[55] dans la formation des équipes d'EDF SA chargées de la prévention et de la lutte contre l'incendie.
- La réalisation d'un très important programme de maintenance préventive et de modernisation des équipements de détection et de lutte contre l'incendie.
- L'engagement des chargés d'affaire incendie (CAI) sur chaque CNPE, rattachés au service sûreté-qualité.
- La **contribution des officiers sapeurs-pompiers professionnels (OSPP)**, en place dans chaque CNPE depuis plus de cinq ans. Compétents, motivés et bien intégrés dans les sites, ils facilitent les relations opérationnelles avec les SDIS.

[55] *Institut de FOrmation à la Prévention et à la SEcurité, société détenue par EDF.*

Organisation Incendie : 15 années d'améliorations à EDF SA

- **2000-2006 :** le Plan d'action incendie (PAI) traite les fragilités des installations et renforce leur conception initiale (investissements de plusieurs centaines de millions d'euros).
- **2005 :** engagement du projet Maîtrise du risque incendie (MRI), clos en 2012 et début du renforcement des conventions avec les SDIS.
- **2006 :** renforcement du contexte réglementaire avec l'arrêté environnemental RTGE[1].
- **2007 :** début de construction de l'EPR avec un référentiel incendie réévalué (ETC-F[2]).
- **2009 :** chaque CNPE est doté d'un officier sapeur-pompier professionnel. Rénovation des réseaux d'incendie et engagement de la réhabilitation du système de détection incendie (encore en cours).
- **2012 :** nouveau référentiel réglementaire avec l'arrêté INB[3] puis décision de l'ASN relative à l'incendie en 2014.

[1] *Réglementation Technique Générale destinée à prévenir et à limiter les nuisances et les risques externes résultant de l'Exploitation des installations nucléaires de base.*
[2] *EPR Technical Code for Fire protection.*
[3] *Installations Nucléaires de Base.*

Au Royaume-Uni, beaucoup de points positifs sont analogues à ceux du parc d'EDF SA et je retiens des bonnes pratiques spécifiques :

- un ingénieur en charge de l'incendie (*Fire safety coordinator)*, rattaché au *Technical & safety support department,* coordonateur reconnu sur les sites et soutenu par **l'animation efficace du parc**, assurée par le *Fire safety fleet manager,*
- des locaux de formation et d'entraînement des équipes, situés sur les sites ou dans les centres de sapeurs-pompiers.

Des points d'attention

Dans un ensemble globalement en progrès et qui donne confiance, quelques points de vigilance attirent néanmoins mon attention.

En France, je relève les **écarts** dans la mise en œuvre de l'organisation prévue pour les premières interventions : appel systématique du 18[56], appel des services de secours externes depuis les salles de commande et **respect du délai de première intervention**. Ce sont des signaux faibles qui méritent analyse et correction. Je rappelle en effet que l'efficacité de l'organisation de lutte contre l'incendie d'EDF SA repose pour beaucoup sur la rapidité de l'appel des secours externes (SDIS). Il en va de même pour le secours aux blessés.

De plus, je relève un renouvellement des OSPP, difficile dans certaines régions.

Au **Royaume-Uni**, je souligne l'importance des travaux restant à réaliser pour **fiabiliser les équipements** et systèmes de détection et de lutte contre l'incendie. Ces actions de modernisation indispensables, justifiées par la conception initiale des réacteurs AGR, le vieillissement des équipements et un niveau d'exigence accru, méritent d'être menées sans faiblir.

[56] *Utilisation du réseau dédié pour la bonne localisation de l'appel et la mobilisation immédiate de la salle de commande.*

Un camion incendie sur un site nucléaire

PRÉVENTION : BESOIN D'UN NOUVEAU SOUFFLE

L'adage **Mieux vaut prévenir que guérir** prend tout son sens dans le domaine de la maîtrise du risque incendie. La prévention doit concerner toutes les étapes de l'activité industrielle : conception, construction, exploitation et déconstruction.

Une dynamique à renforcer

Je mesure sur les sites du Groupe des difficultés encore importantes pour progresser significativement sur ce point.

En France, je reste sur l'impression d'une **baisse de vigilance** et d'une application routinière des dispositions de prévention. Je relève en particulier :

- une gestion des charges calorifiques perfectible (conditions d'utilisation des solvants, colisage, surplus de graisse, calorifuges imbibés, tenue des postes de travail, déchets non évacués, etc.),
- des analyses de risques incomplètes en amont des activités sensibles (découpage, meulage, soudage, etc.),

- une gestion des permis de feu encore difficile à maîtriser depuis les salles de commande,
- un respect insuffisant des règles de sectorisation (intégrité des portes coupe-feu, des trémies, utilisation des chatières, etc.),
- un respect insuffisant des règles sur les postes de travail permanents (laboratoires, ateliers, etc.).

Mes observations sont confirmées par les évaluations menées par l'Inspection nucléaire d'EDF et par WANO, qui pointent depuis plusieurs années des faiblesses récurrentes.

La dynamique de ces dernières années, fortement soutenue par les projets (MRI[57] OEEI[58]) alors bien relayés dans chaque CNPE, **s'essouffle**. Si elle a permis des succès incontestables en matière d'organisation générale, de lutte et de formation, elle a laissé la prévention en retrait. J'invite à réfléchir à de nouvelles initiatives pour relancer cette dynamique.

Au **Royaume-Uni,** je souligne, comme dans mes rapports précédents, des difficultés du même ordre, elles aussi confirmées par les évaluations des contrôles de sûreté internes d'EDF Energy (INA, NSRB) et par WANO. Je retiens en particulier un **état général des installations** (*housekeeping*) qui progresse en 2015, notamment grâce aux partages avec la DPN sur le référentiel d'état des installations. Toutefois, il reste encore en retrait des meilleurs standards, par exemple pour les fuites d'huile et les entreposages temporaires inadéquats. Si je me félicite de voir apparaître sur les sites de véritables plans d'action, je considère que, comme en France, il y a place pour des actions plus volontaristes.

La culture de prévention incendie, un levier pour progresser

Je relève que trop d'écarts observés dans les centrales témoignent d'une **attention insuffisante au risque incendie.** Si la perception des risques de sûreté nucléaire ou de radioprotection a nettement progressé ces dernières années, celle du risque incendie n'est pas encore au niveau attendu. Le parallèle avec la sécurité en France est notable.

Je souligne **l'importance du rôle des techniciens de conduite (agents de terrain ou *Plant operators*),** « les yeux, les oreilles et le nez » de l'opérateur sur le terrain. Jour et nuit, ils s'assurent de la conformité des installations et constituent une ligne de défense forte vis-à-vis du risque incendie. Cette mission me paraît aujourd'hui mieux reconnue dans les centrales d'EDF Energy.

[57] *Maîtrise du Risque Incendie, projet de la DPN.*

[58] *Obtenir un Etat Exemplaire des Installations, projet de la DPN, aujourd'hui dénommé MEEI : Maintenir l'Etat Exemplaire des Installations.*

Coopération EDF / Sapeur-pompier durant un exercice

Cela **concerne aussi les intervenants de maintenance,** EDF et prestataires, chargés de prendre en compte les exigences de prévention incendie dans la tenue des chantiers. Je mesure les difficultés que cela représente dans un contexte d'augmentation très sensible des travaux de maintenance (Grand carénage, visites partielles chargées, visites décennales). En France, j'attire aussi l'attention sur les chantiers de déconstruction qui présentent des risques notables d'incendie, à traiter avec le même niveau d'exigence.

J'invite à réfléchir au bénéfice qu'apporterait une meilleure connaissance des risques et parades par tous les intervenants. Ce serait probablement un des leviers les plus efficaces pour changer les comportements et aller vers ce que les Anglo-Saxons qualifient de « *Fire safety awareness for all* ». Je m'interroge sur l'efficacité du dispositif de formation, revu en 2014, au regard de ce type de besoins. Je souligne également le **rôle des managers de terrain pour promouvoir** et consolider ces changements et développer **une culture de prévention**. Je m'attacherai en 2016 à me faire présenter les actions engagées dans ces différents domaines.

Une organisation perfectible pour une meilleure coopération

La prévention du risque incendie repose sur les contributions de nombreux acteurs.

En France, je m'interroge sur la dispersion des responsabilités avec un **nombre d'acteurs important** (directeur délégué en charge du domaine, chef de mission sûreté qualité, chargé d'affaire incendie CAI, service prévention des risques, officier de sapeur-pompier, responsable de l'état des installations, etc.), exprimant souvent leur attente d'une coordination plus affirmée et plus lisible. Sur les sites, je rencontre parfois des CAI m'exprimant leur isolement et leur besoin d'appui.

Je souligne également l'importance de l'animation nationale, reconnue par le terrain pour sa capacité à apporter les appuis et conseils attendus, autant que pour son rôle moteur dans l'avancement des dossiers et actions de progrès nationaux.

Au Royaume-Uni, l'organisation des sites m'apparaît **plus simple**, autour du *Technical & safety support manager* (proche du chef de mission sûreté-qualité à EDF SA), responsable de la coordination d'ensemble, garant des référentiels incendie et disposant des moyens adaptés.

Je relève également le rôle de l'animation nationale apprécié des sites, sous la houlette du *Fleet manager* incendie. En particulier, la mise en place ces dernières années d'un *Fire safety focus index* a retenu mon attention : cet outil simple d'utilisation, construit avec les chargés d'incendie de chaque site (*Fire safety coordinators*), permet d'évaluer les performances et le niveau de priorité donné au domaine incendie.

L'analyse des événements : une ligne de défense à renforcer

Dans le Groupe, j'observe que **trop d'événements incendie ont un caractère répétitif.** En particulier, le nombre toujours élevé des départs de feu dus à des défaillances de composants électriques (bobines, contacteurs, armoires, etc.) mérite attention. Dans le parc français, les écarts dus à des causes de facteur humain suscitent également réflexion. Il est **important que l'analyse de ces signaux faibles soit menée avec rigueur** pour bien en définir les causes et réduire leur occurrence. À cette fin, j'invite à employer plus largement les méthodes et pratiques d'analyse d'événements utilisées en sûreté nucléaire.

Je souligne la réduction significative des fuites d'huile ces dernières années à EDF SA et, plus récemment à EDF Energy. Ce succès encourageant, pour beaucoup lié à l'analyse de fiabilité des composants, illustre l'efficacité d'une telle approche.

À EDF Energy, le *Fire safety focus index*

Cet indice, en place dans toutes les centrales, est mis à jour mensuellement. Il permet de comparer leur niveau de maîtrise du risque incendie et d'identifier leurs bonnes pratiques. Les données qui le composent sont retenues avec chaque site. Il est utilisé par les différents comités opérationnels chargés du domaine incendie *(Safety oversight delivery teams, Fire safety action teams)* pour piloter les actions de progrès. Les données intervenant dans le calcul de cet index sont :

- le nombre de charges calorifiques identifiées par le site,
- le nombre de fuites d'huile,
- le taux de réalisation des visites de contrôle de l'état des installations,
- le niveau de fiabilité des équipements de détection et de lutte incendie,
- les retards de demandes d'intervention pour maintenance des équipements incendie,
- le nombre d'indisponibilités fortuites en exploitation (au sens des STE) dues à des équipements ou manœuvres concernant la fonction incendie.

Cet index fournit une bonne vision des performances des sites dans le domaine incendie et aide à correctement cibler les appuis dont ils ont besoin.

MES RECOMMANDATIONS

Dans le Groupe, au terme d'un cycle d'améliorations sensibles dans le domaine incendie (formation, lutte, etc.), la prévention de ce risque industriel majeur, à fort impact potentiel sûreté, nécessite une nouvelle dynamique. Dans l'entreprise, comme chez les prestataires, la prévention incendie ne se traduit pas encore suffisamment dans les comportements. J'encourage les directions nationales et locales à **prendre des initiatives pour développer une culture de prévention.**

En France, je m'interroge sur la répartition des responsabilités entre les acteurs des différents services chargés de ce domaine sur les sites. J'invite les directions locales à clarifier cette situation pour une **meilleure lisibilité de l'organisation** et à renforcer la coordination des services.

Les échanges de pratiques *(benchmarks)* et les évaluations croisées entre exploitants nucléaires sont sources d'amélioration. Ces dernières années, EDF Energy a tiré bénéfice de ces échanges avec EDF SA et j'encourage les deux directions à **poursuivre activement dans cette voie** pour progresser dans le domaine clé de la prévention.

7 / UN INVESTISSEMENT CONTINU POUR LA FORMATION ET LES PARCOURS PROFESSIONNELS

Simulateur numérique pleine échelle au campus de Paluel

La sûreté nucléaire repose d'abord sur la compétence des équipes de l'entreprise.

L'engagement des managers est essentiel dans le développement des compétences auquel le groupe EDF consacre des moyens significatifs.

Compte tenu des nombreux recrutements récents, la construction de parcours professionnels attractifs, développant les compétences et la motivation des acteurs, mérite une attention accrue.

Les métiers du nucléaire nécessitent de longues durées de professionnalisation pour la formation initiale et continue. Par exemple, les opérateurs suivent un apprentissage initial supérieur à deux ans et doivent chaque année se recycler sur simulateur, comme préconisé par les standards internationaux. Cela nécessite un investissement important en formation et une anticipation suffisante de certains recrutements.

Après les alertes de mes prédécesseurs et de moi-même sur le renouvellement et le développement des compétences, je note avec satisfaction que l'effort de recrutement et de formation est maintenu, à EDF SA comme à EDF Energy.

DES MANAGERS QUI S'ENGAGENT DANS LA MONTÉE EN COMPÉTENCES

En France et au Royaume-Uni, je note une vision prospective robuste, avec notamment des viviers bien identifiés pour les métiers sensibles.

Je souligne, à nouveau, le **rôle essentiel des managers dans le développement des compétences de leurs équipes**, depuis l'identification des besoins et le choix des modalités de professionnalisation, jusqu'à l'évaluation du niveau atteint.

Je me félicite de cette responsabilisation des managers que je perçois, par exemple, à la DPN avec le déploiement

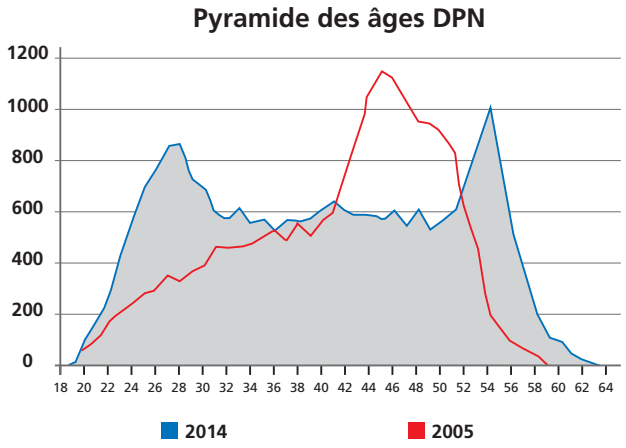
du programme Compétences et à EDF Energy avec le *Systematic approach to training* (*SAT).*

Un développement des compétences bien piloté

Le thème Compétences-formation est examiné périodiquement en CSN. À EDF SA et à EDF Energy, **des comités Compétences-formation sont opérationnels à tous les niveaux.** Une gestion prévisionnelle des emplois et des compétences est établie par toutes les entités.

Le recrutement est bien organisé. Je me félicite de son ouverture à des profils d'origine internationale. J'encourage aussi la poursuite des recrutements après une période d'alternance/apprentissage, en France et au Royaume-Uni. Cette période permet aux jeunes d'acquérir une première expérience professionnelle avec l'appui de tuteurs expérimentés. De plus, la pratique de co-recrutements[59], en nombre limité, se poursuit notamment avec la R&D d'EDF.

Je note la volonté de recruter des personnes expérimentées : cela permet d'élever le niveau de compétences des équipes, tout en rééquilibrant la pyramide des âges (cf. courbe).



Evolution de la pyramide des âges de la DPN

Lors de mes visites, on m'a présenté **une animation solide des principaux réseaux métiers** dans les différentes directions d'EDF SA (DPN, DCN[60] et Ingénierie) et à EDF Energy.

À la DPN, je souligne le rôle important du Pôle compétences conseil efficacité des organisations. Sous la supervision d'un directeur des opérations, il assure l'animation de réseaux métiers qui facilitent le transfert d'expérience pour garantir une évolution homogène des métiers.

À EDF Energy, l'animation d'un métier (conduite, maintenance, etc.) est portée par un groupe de pairs constitué de managers du métier, avec le soutien d'un *Fleet manager*, garant de la performance et de la cohérence de l'approche pour l'ensemble du parc.

Apprentis d'EDF Energy en formation à HMS Sultan (centre de formation de la Royal Navy)

Je salue aussi **les initiatives pour faciliter les transferts de savoirs entre les générations**, comme les actions de compagnonnage à la DPN, le programme RACINES[61] dans les centres d'ingénierie et son équivalent au Royaume-Uni, ou l'organisation d'ateliers thématiques pour partager savoirs et expériences.

Des points de vigilance

Les managers français et britanniques sont impliqués dans le développement des compétences de leurs équipes. Toutefois, j'invite EDF SA à renforcer leur rôle, à l'image de la pratique d'EDF Energy, dans l'évaluation de l'efficacité des formations en lien avec les résultats de leurs équipes.

À EDF SA, l'exploitation et l'ingénierie ont **de forts besoins en compétences proches de la conduite** (ingénieur sûreté, chef d'exploitation, instructeur, etc.). J'attire à nouveau l'attention sur la nécessité de disposer, dans les métiers concernés, d'un nombre suffisant d'agents avec ces profils.

Compte tenu de l'importance de la filière d'expertise technique, j'encourage à développer encore **l'animation des réseaux d'experts** et à organiser leurs parcours pour faciliter le développement de leurs compétences. J'ai aussi noté, dans certaines unités de l'ingénierie, quelques tensions sur les compétences ingénieurs études pour faire face au Grand carénage et au développement simultané d'activités à l'international. **La démarche PDC**[62] apporte une bonne réponse à ces deux points. J'invite à veiller à

[59] *la personne embauchée par une unité, par exemple d'ingénierie, occupe un premier poste dans une autre entité d'EDF où elle acquiert une première expérience, avant de rejoindre son unité.*

[60] *Division Combustible Nucléaire.*

[61] *Réussir nos Activités grâce aux Compétences Intergénérationnelles de l'ingénierie Nucléaire et par l'Employabilité de tous ses Salariés, programme lancé en 2012.*

[62] *Plan de Développement des Compétences.*

sa pérennité dans le cadre de la nouvelle organisation de l'ingénierie nucléaire.
Si j'ai bien noté l'existence d'une gestion prévisionnelle des emplois et des compétences à EDF Energy, j'attire l'attention sur l'anticipation nécessaire (recrutements, reconversions) pour assurer une bonne transition entre les compétences AGR existantes et celles qui seront nécessaires pour Hinkley Point C.

DES DISPOSITIFS DE FORMATION STRUCTURÉS

Un dispositif robuste

Je souligne le **rôle clef de l'Unité de formation production ingénierie** (cf. encadré) dans la formation à EDF SA. Cette unité intervient essentiellement pour la DPN, qui représente 80 % de son activité. J'apprécie également le développement des relations locales entre les CNPE et l'UFPI qui aide à mieux répondre aux besoins des sites.
Les besoins de l'ingénierie, en général plus spécifiques, ont fait l'objet d'une rationalisation pour mieux cibler les stages par rapport aux attentes et en réduire significativement le nombre.

L'UFPI dispose désormais des ressources nécessaires à l'industrie nucléaire. En raison de l'intense période de recrutement, près de la moitié de l'effectif est âgée de moins de 30 ans. Je considère que cet équilibre devra évoluer afin de renforcer la proportion de personnel expérimenté, à l'image de ce que j'observe généralement à l'international.

L'Unité de formation production ingénierie (UFPI)

Créée en 2007, l'UFPI, qui fait partie de la DPNT, conçoit, développe et met en œuvre des dispositifs de formation et de professionnalisation pour les métiers techniques de la production et de l'ingénierie. Elle intervient dans les domaines de la conduite, de la maintenance et de l'exploitation des ouvrages nucléaires, thermiques à flamme et hydrauliques.
Ses **800 formateurs** sont soit des professionnels compétents et reconnus, généralement issus de l'exploitation, soit de jeunes formateurs issus de recrutements externes. Après une formation à la pédagogie, ils obtiennent une habilitation à former.

Des campus métiers partout en France

Les campus de l'UFPI sont dotés de matériels et d'équipements diversifiés (chantiers écoles, simulateurs, mini-centrales, salles de robinetterie, diesels, etc.) :

- 1 campus dédié aux formations à la **maintenance** situé à Bugey.
- 20 campus dédiés à la **conduite nucléaire**, situés chacun à proximité d'une centrale, pour une formation sur mesure, sur un ou plusieurs simulateurs reproduisant les salles de commande de la centrale voisine.
- 1 campus de formation dédié au **combustible** nucléaire à Chalon-sur-Saône (CETIC)[1].

Une offre en constante évolution

Les besoins de formation ont augmenté pour faire face au renouvellement du personnel. Plus de 3 millions d'heures de formation ont ainsi été assurées par l'UFPI en 2015 (1,2 million en 2008).
L'offre de l'UFPI évolue chaque année pour s'adapter aux évolutions des métiers et techniques. Par exemple, des formations sont déjà dispensées sur le simulateur EPR du campus de Flamanville pour préparer les futurs opérateurs.

[1] *Centre d'Expérimentation et de validation des Techniques d'Intervention sur Chaudière nucléaire à eau.*

En France, les parcours d'intégration des nouveaux arrivants, organisés par les directions pour l'acquisition des savoirs communs, continuent d'être appréciés et efficaces. Il en est de même des académies métiers pour les savoirs spécifiques. Au Royaume-Uni, la *Nuclear power academy* d'EDF Energy a un rôle et un succès équivalents.
Les chantiers écoles de la DPN ont des résultats visibles sur la qualité des interventions préparées mais je déplore des disparités dans leur utilisation : il serait utile de les analyser et de les corriger. Les chantiers maquettes au Royaume-Uni permettent, eux aussi, à l'exploitant et à ses prestataires de mieux partager le même objectif industriel. Je souligne leur effet fédérateur bénéfique.
J'encourage le développement des synergies franco-britanniques en s'appuyant sur les premières réussites (*benchmarks* sur les pratiques de montée en compétences, participations croisées à des formations, échanges de formateurs).

On m'a présenté quelques-unes des **nombreuses solutions pédagogiques multimédia** utilisées par certaines entités du Groupe (vidéos apprenantes, e- learning, jeux de rôles, réalité augmentée, etc.) dont j'encourage l'extension. Elles viennent enrichir, de façon attractive et réactive, la palette des outils de formation.

Quelques points de vigilance

La DPN a toujours des difficultés à honorer ses engagements de détachement de formateurs expérimentés. J'invite la DPN et l'UFPI à mieux partager et traiter cette alerte.

On m'a également signalé une présence inégale des managers maintenance lors des formations ainsi qu'une **sous-utilisation des maquettes et des chantiers écoles.** J'invite les directions d'unités à s'emparer de ce sujet au service de la qualité des interventions.

J'ai souligné dans mon rapport précédent l'importance de la dimension collective des activités de conduite. J'invite à nouveau à développer, en France, les formations avec mise en situation en équipe constituée.

La spécificité des formations nucléaires nécessite un ratio formateur/élève important. Ainsi certains entraînements sur simulateur nécessitent deux instructeurs pour quatre stagiaires. Cette particularité doit être prise en compte dans les réflexions en cours sur la maîtrise des coûts de formation.

Centre de Formation du CETIC

EN FRANCE, UNE ATTENTE DE PARCOURS PROFESSIONNELS VARIÉS

Des parcours professionnels diversifiés contribuent à la performance du Groupe et à la motivation de ses collaborateurs.

De bonnes pratiques…

Je note, **en France et au Royaume-Uni, des pratiques bien rodées et efficaces.** Le directeur de chaque unité examine, au moins une fois par an, les listes de succession pour les postes clefs et des instances de pilotage des mobilités se réunissent régulièrement, aux niveaux local et national. En complément des entretiens annuels entre salarié et manager, je souligne la qualité du travail réalisé à EDF SA par les CPP[63] pour conseiller les cadres et leurs managers dans la construction de leurs parcours.

On m'a aussi présenté les dispositifs de communication sur les passerelles entre métiers du nucléaire et des outils d'aide à la mobilité. À EDF SA, la communauté *Mon parcours Pro* sur l'intranet VEOL et le guide pratique *Votre parcours Pro,* mis en ligne en novembre 2015, donnent des informations utiles avec notamment des exemples de parcours. A EDF Energy, des outils similaires sont accessibles sur l'intranet *My Campus.*

… mais des ingénieurs d'EDF SA qui s'interrogent sur leurs parcours…

Le groupe EDF est toujours attractif et les nouveaux embauchés que je rencontre sont dynamiques et motivés. Ils sont mis rapidement en situation d'exercer des responsabilités, avec souvent un ou des collègues expérimentés en soutien.

En revanche, lors de mes visites sur le terrain, certains jeunes, surtout à l'ingénierie, m'ont fait part de leurs craintes d'un allongement de la durée d'affectation dans un emploi et d'un engorgement, lié aux très nombreuses embauches de ces dernières années. Ils mentionnent aussi une conciliation difficile des besoins de l'entreprise avec leurs aspirations personnelles, notamment géographiques pour le travail du conjoint.

Pour fidéliser les agents et conserver leur motivation, tout en répondant aux besoins futurs de l'entreprise, il me paraît essentiel de **renforcer leur visibilité sur les parcours professionnels** envisageables.

[63] *Conseiller Parcours Professionnels à l'ingénierie, Chef de Mission Parcours Professionnels à la DPN.*

… ce qui conduit à encourager les parcours croisés au sein du Groupe

Je recommande de bâtir des parcours plus ouverts entre les différents métiers, en premier lieu entre l'ingénierie et l'exploitation, afin qu'ils répondent aux besoins de l'entreprise et soient motivants et enrichissants pour les salariés. Si les mobilités à l'intérieur des divisions et des directions sont, le plus souvent, bien pilotées, j'invite les managers à renforcer la fluidité des mobilités entre ces entités.

Cette année encore, on m'a présenté de nombreux exemples réussis de mobilités internationales.

Les exploitants nucléaires français et britannique ont décidé de détacher, de part et d'autre, dix personnes. Cet objectif n'est que partiellement atteint et j'encourage les deux directions à développer des parcours croisés et à valoriser les expériences acquises lors du retour des intéressés dans leurs pays d'origine.

Dans l'ingénierie, le projet Hinkley Point a accéléré les détachements en France et au Royaume-Uni.

À Taishan, j'ai rencontré des expatriés enthousiastes. Ils apportent leur expérience et acquièrent, en retour, une ouverture sur d'autres pratiques qui sera extrêmement profitable à l'entreprise et à leur propre carrière. Dans un environnement de plus en plus international et multiculturel, j'invite à **renforcer la place des missions à l'étranger dans les parcours professionnels.**

J'attire l'attention sur l'adéquation, en France et au Royaume-Uni, entre les besoins liés aux projets de développement international du Groupe et les compétences nécessaires pour le parc en exploitation et les projets en cours de réalisation.

MES RECOMMANDATIONS

Dans le Groupe, **les démarches de professionnalisation sont déjà bien engagées** (programme Compétences, *Systematic approach to training).* En France, dans un contexte de renouvellement des équipes, conjugué à une augmentation des exigences, j'invite les directions locales à **maintenir cette dynamique.**

L'entreprise a besoin de compétences adaptées et diversifiées. Il est important de maintenir la motivation des jeunes embauchés et de les fidéliser. Je recommande de **développer des parcours professionnels ouverts, au sein du Groupe et à l'international**, et de les faire connaître.

En particulier, je recommande à la DPNT et à la DIPNN de **renforcer les parcours croisés entre exploitation et ingénierie,** notamment pour les compétences process.

8 / VERS UNE MAINTENANCE LEVIER DE LA QUALITÉ D'EXPLOITATION

Travaux de maintenance sur un robinet

À EDF Energy et EDF SA, les trop nombreuses non-qualités de maintenance mettent en lumière des difficultés persistantes pour la préparation et la réalisation des activités.

Pierre angulaire de la maîtrise de la qualité de la maintenance et des travaux de modifications, la programmation pluriannuelle se déploie progressivement sur les sites.

La simplification de l'environnement de travail des intervenants, EDF et prestataires, ainsi qu'une meilleure application des fondamentaux de leurs métiers sont des voies prometteuses.

UNE QUALITÉ ENCORE INSUFFISANTE

Des difficultés chroniques

Je considère que la qualité des activités de maintenance, à EDF SA et à EDF Energy, n'est pas au niveau attendu pour la sûreté en exploitation. Je relève à EDF SA l'augmentation du nombre d'arrêts automatiques dus à la maintenance entre 2014 et 2015. Plus globalement, trop d'événements significatifs pour la sûreté ont pour origine des non-qualités de maintenance. Ce nombre a augmenté entre 2014 (189) et 2015 (198).

La qualité de maintenance s'apprécie également dans la **fiabilité des équipements.** Le taux d'indisponibilité fortuite en France demeure convenable (2,48%) au regard des références internationales pour les réacteurs en exploitation. À EDF Energy, je note un taux d'indisponibilité fortuite à un bon niveau (2,3 %) et en nette amélioration.

Le troisième élément que je tiens à souligner porte sur l'exigence de **faire bien du premier coup.** Les reprises de travaux peuvent en effet imposer des transitoires nuisibles à l'installation. Je note l'utilité de l'indicateur REWORK, déployé à EDF Energy, qui mesure les reprises d'activités de maintenance.

La **prise en compte des agressions** (incendie, séisme, etc.) lors des activités de maintenance est aussi un facteur de qualité. Par exemple, je constate régulièrement, à EDF Energy et EDF SA, trop d'échafaudages à proximité immédiate de fonctions de sûreté requises, parfois même sur l'ensemble des voies redondantes.

Activité de maintenance dans une centrale du Royaume-Uni

Une défense en profondeur insuffisante, particulièrement à EDF SA

Le principe de défense en profondeur s'applique également à la maintenance où il repose notamment sur la qualité des analyses de risques, des contrôles techniques, des requalifications, et des analyses dites de deuxième niveau.

Je relève avec satisfaction que les COMSAT[64] qui statuent, en arrêt de tranche, sur la disponibilité des matériels avant redémarrage, sont, de l'avis de l'Inspection nucléaire d'EDF, solides : réunions bien préparées, associant la conduite en quart, nombre limité de réserves au redémarrage. Peu d'écarts sont aujourd'hui détectés[65] après une COMSAT.

Pour les tranches en marche, le pilotage des demandes de travaux restant à réaliser (pots de DI à EDF SA, *backlog trends* à EDF Energy) a réduit significativement le nombre d'écarts non-traités sur les installations.

Je souligne **l'apport très positif de la démarche AP 913** qui, *via* des bilans matériels et systèmes, renforce la fiabilité des matériels. La feuille de route AP 913 pour 2016-2018 va permettre à EDF SA de développer une méthode fondée conjointement sur le suivi d'appareils témoins, la capitalisation du REX positif à partir des constats « tels que trouvés » et l'analyse des avaries.

[64] *COMmission de Sûreté en Arrêt de Tranche.*

[65] *C'est la non-conformité d'un joint, pourtant détectée par un sous-traitant mais insuffisamment traitée par l'instance de décision pour le lancement de la navette Challenger, qui a explosé en 1986.*

Défaillance d'une tuyauterie contenant du CO_2 sous pression

Les faits

Pendant le fonctionnement à pleine puissance de 2 réacteurs AGR, un tuyau d'acier contenant du dioxyde de carbone (CO_2) sous pression s'est rompu. Ce tuyau est connecté à un réservoir d'appoint de CO_2. Ce gaz sert à transférer la chaleur entre les éléments combustibles et les générateurs de vapeur et à refroidir le réacteur.

Ce réservoir d'appoint en CO_2 est situé à l'extérieur des bâtiments réacteurs et exposé à un environnement salin (centrale en bord de mer). La rupture du tuyau est due à la corrosion résultant d'un isolant de protection non étanche. De plus, l'analyse a montré que la peinture de protection du tuyau n'était pas adaptée aux variations de température de celui-ci.

L'événement a conduit à perdre une capacité d'appoint en CO_2, sans nécessiter l'arrêt des réacteurs. Personne n'a été blessé à la suite de cet incident, qui a provoqué le rejet de 30 tonnes de CO_2 non radioactif dans l'atmosphère, déclenchant des alarmes en salle de commande.

Mon analyse

J'estime que cet événement lié à des faiblesses de l'organisation résulte :

- d'une trop grande confiance dans l'étanchéité du calorifuge de protection de la tuyauterie,
- d'un programme de contrôle trop axé sur les matériels mobiles (pompes, vannes, etc.) au détriment des matériels statiques (tuyaux) : cette tuyauterie n'avait pas été inspectée depuis 9 ans,
- d'une traçabilité insuffisante des comptes rendus des visites,
- d'un traitement incomplet des actions décidées à l'issue des inspections précédentes,
- d'une communication insuffisante au sein de l'ingénierie, locale et nationale, sur les écarts méritant un traitement plus poussé,
- d'une prise en compte insuffisante du retour d'expérience des autres sites sur des événements analogues,
- d'un manque de clarté des référentiels et des organisations concernant les matériels sous pression.

Il a permis de corriger les points faibles relevés par l'analyse et d'étendre les recherches et travaux à d'autres matériels soumis aux mêmes contraintes. Il illustre l'importance de traiter les signaux faibles, d'intégrer le retour d'expérience et de mener les plans d'actions jusqu'à leur terme.

Pour autant en 2015, trop d'événements d'exploitation sont dus à une **analyse de risques incomplète** avant une opération de maintenance. L'Inspection nucléaire d'EDF signale également une dégradation dans la qualité des requalifications dont les services de maintenance ont encore beaucoup de mal à se saisir. J'observe des délais importants, parfois plusieurs mois, dans la réalisation des analyses de deuxième niveau pouvant conduire à la déclaration tardive d'écarts. J'encourage les managers des services de maintenance à s'emparer de ces problèmes en s'appuyant sur les filières indépendantes de sûreté (ingénieurs sûreté et auditeurs) pour consolider ces fondamentaux.

Simplifier pour la qualité

Je rappelle la nécessité de simplifier au profit de l'intervenant, aussi bien dans la phase de préparation que de réalisation. Cette simplification contribue directement à la sérénité des équipes et à la qualité des activités et elle facilite la compréhension des exigences. Je note le travail des sites pour alléger les dossiers d'intervention et regrouper la délivrance des autorisations de tous ordres (permis de feu, tirs radios, etc.).

Pour faciliter la vie de l'intervenant, je souligne l'importance de la **logistique en appui.** Un effort très important a été réalisé pour améliorer la logistique dans le cadre du Grand carénage (création de vestiaires, de parkings, d'une logistique d'accueil, de guichets uniques pour la délivrance des autorisations, etc.) à Paluel, qui réalise la première VD3[66] du palier 1 300 MWe. Plusieurs sites ont également pris des initiatives très pratiques pour faciliter la mise à disposition des pièces de rechange et du matériel au plus près des chantiers. L'intervenant peut ainsi mieux se concentrer sur la préparation et la tenue de son chantier.

Je salue sur les sites un **accès plus facile à une information synthétique**. Ainsi en France, la démarche MOSAIC[67] met à portée de chaque intervenant les objectifs généraux des arrêts, le niveau d'avancement et les principaux points de vigilance. Je note également qu'un chantier particulier est engagé à la DPN pour développer les interfaces numériques (simulation 3/4D des chantiers, tablettes, bornes Wifi, etc.).

La standardisation des modes opératoires, en cours de déploiement sur le parc, est aussi une voie de simplification, notamment pour les préparateurs. Le SDIN[68] accompagne cette évolution qui nécessite un fort investissement préalable, notamment sur la qualité des données. Je serai attentif à la pérennité de cette standardisation et à la bonne prise en compte du retour d'expérience pour aboutir à des gammes simples.

Ces démarches de simplification, en promouvant des méthodes analogues sur tous les sites, contribueront aussi à faciliter la vie des prestataires qui me font régulièrement part de leurs difficultés liées aux différences de pratiques entre les sites.

LA PROGRAMMATION PLURIANNUELLE, PIERRE ANGULAIRE DE LA MAÎTRISE INDUSTRIELLE

L'approche pluriannuelle permet de respecter les exigences de sûreté tout en assurant un meilleur lissage des travaux sur le moyen et le long terme. Elle vise à intégrer à la fois les opérations courantes de maintenance, les contrôles périodiques de conformité, les remplacements de gros composants et l'ensemble des modifications. Elle facilite ainsi l'équilibre des activités entre l'arrêt de tranche et la tranche en marche.

Activité de maintenance

Une maîtrise difficile des arrêts chargés

Je rappelle que la bonne maîtrise des arrêts contribue à la sûreté, à la radioprotection et à la sécurité du travail. Un arrêt de tranche réalisé dans les délais prévus est un gage de qualité et de sérénité dans la préparation comme dans la réalisation. La **bonne préparation d'un arrêt est la condition déterminante de sa réussite.**

Je constate une très bonne maîtrise des arrêts pour simple rechargement (ASR), une maîtrise plus inégale des arrêts pour visites partielles (VP) et encore d'importantes difficultés pour les arrêts des visites décennales (VD). Le nombre limité d'activités de maintenance sur les ASR et une relation efficace entre la conduite et le projet expliquent en partie cette réussite.

Pour les arrêts à forte activité de maintenance (VP et VD), je souligne de nouveau l'**importance du REX** technique mais surtout **organisationnel** incluant les prestataires. La rapidité de l'analyse engagée dès fin 2015 sur les VD est encourageante. Le partage d'expérience réalisé pour améliorer la maîtrise et la réalisation des arrêts est également prometteur : revues entre pairs et entre sites

[66] *Troisième visite décennale.*
[67] *M O S A I C : démarche issue d'un programme R&D pour améliorer la supervision en arrêt de tranche.*
[68] *Système d'information nucléaire.*

en France, benchmark avec EDF Energy et avec CGN en Chine, appui de WANO (TSM[69]). En 2016, je suivrai avec attention ces démarches.

De plus en plus de travaux tranche en marche

Pour mieux maîtriser les arrêts de tranche, des activités de maintenance sont de plus en plus souvent transférées sur la tranche en marche (TEM). De plus, pour anticiper la préparation des activités de maintenance ou de modification en arrêt de tranche (VD et travaux post-Fukushima), des travaux préparatoires sont aussi réalisés sur la TEM. Pour la première VD3 du palier 1 300 MWe (Paluel 2), des travaux très complexes et perturbants pour l'exploitant ont dû être intégrés tranche en marche. Je me félicite de la prise en compte rapide du retour d'expérience réalisé sur les travaux les plus sensibles pour la sûreté (par exemple la ventilation des salles de commande).

Des projets pluriannuels qui commencent à s'affirmer

Je salue la généralisation sur les sites français des projets pluriannuels qui, maintenant, disposent tous d'une équipe dédiée même si leur place dans l'unité n'est pas partout centrale à l'égard des projets tranche en marche et arrêts de tranche. J'entends néanmoins encore trop souvent évoquer un **manque de disponibilité des équipes de préparation maintenance.** Celles-ci, déjà en difficulté dans l'élaboration des bilans de matériels, parfois mobilisées par la mise en place du SDIN ou par le traitement d'un aléa en temps réel, peinent à dégager du temps pour ce travail. Cette situation varie néanmoins selon les sites en fonction notamment de leur organisation.

Je souligne à nouveau l'importance pour chaque site de **disposer d'une vision à cinq ans** au moins, ce qui n'est pas encore le cas sur les sites visités. J'ai constaté une bonne progression de la démarche AP 913 en France et au Royaume-Uni. En optimisant le remplacement des composants, elle permet un meilleur lissage des travaux. Si tous les sites m'ont également présenté une vision à long terme de leurs investissements portée par l'ingénierie locale, je regrette que celle-ci ne soit pas suffisamment coordonnée avec la programmation pluriannuelle. Ce constat illustre les marges de progression subsistant dans la coordination entre les ingénieries et les projets pluriannuels.

Un point d'alerte : l'instruction des VD4 900 et VD2 N4

Je perçois une difficulté pour intégrer dans cette logique pluriannuelle les importants travaux des VD4 du palier 900 MWe et dans une moindre mesure des VD2 du palier N4. Je mesure l'impact de l'accident de Fukushima sur le calendrier initial[70] d'instruction mais j'attire l'attention sur le fait que le **programme industriel n'est pas complètement défini à seulement trois ans de l'échéance** de la tête de série des VD4 du palier 900 MWe (Tricastin 1), bien loin des exigences d'une bonne programmation pluriannuelle. Comme dans mon rapport précédent, j'invite les parties prenantes (EDF, ASN et son appui technique) à bien considérer le caractère très contraint d'un tel planning d'instruction, tant du point de vue de la faisabilité industrielle que de son impact pour la sûreté en exploitation.

EDF Energy : même besoin de visibilité

J'avais rappelé l'importance d'une démarche proactive en matière d'inspection en service pour la durée de fonctionnement des AGR. Je note l'intérêt porté par EDF Energy pour une **approche décennale** mettant en perspective de façon cohérente les évaluations périodiques de sûreté, les investissements pour prolonger la durée de fonctionnement et les prescriptions de l'autorité de sûreté ONR. Je me félicite des échanges prometteurs engagés avec le parc français.

LES ACTEURS DE LA MAINTENANCE

Une animation dynamique des métiers

En France, je saluais en 2014 le **nouveau cadre de cohérence pour les métiers de la maintenance**, le MMPE[71]. Ce guide explicite les attendus des métiers et donne une visibilité claire des emplois et des parcours professionnels dans la maintenance. Des dispositifs d'animation sont en place dans le parc : Pôle compétences conseil et efficacité des organisations pour les réseaux métiers et UNIE GMAP[72] pour le soutien technique maintenance. Des formations ont été développées pour les connaissances fondamentales de maintenance communes à tous les ingénieurs, avec une place significative pour la sûreté en arrêt de tranche.

La cible est bien adaptée aux enjeux décrits ci-dessus et le déploiement de ce référentiel progresse sur les sites, avec **encore quelques fragilités** portant **sur les préparateurs et les chargés de surveillance**. Je

[69] *Technical Support Mission.*

[70] *La lettre de saisine par l'ASN du Groupe permanent d'experts pour les réacteurs nucléaires sur les orientations du programme associé à la prolongation de la durée de fonctionnement des réacteurs en exploitation date du 8 mars 2011, soit trois jours avant l'accident de Fukushima. Le Groupe permanent s'est tenu les 18 et 19 janvier 2012.*

[71] *Métiers de Maintenance et de Projets en Exploitation.*

[72] *Groupe Maintenance et Appui au Parc.*

recommande aux managers des services de maintenance de saisir l'opportunité de ce guide pour porter plus fermement les attendus de qualité et accompagner l'évolution des métiers de préparateur et de chargé de surveillance.

Travaux de maintenance dans les locaux électriques

Au Royaume-Uni, je relève une solide animation des métiers, pilotée par le *Maintenance fleet manager*. Elle est partagée entre les sites et le niveau national, avec des jalons clés, orientés sur la qualité et la sûreté. Les performances de fiabilité des équipements sont encore en retrait par rapport à EDF SA, je m'attacherai à suivre les bénéfices du déploiement de cette démarche.

En France : un partenariat avec les prestataires à développer

Les **prestataires** rencontrés sur les sites d'**EDF Energy** me disent apprécier la visibilité dont ils disposent sur le moyen terme. Elle leur permet de mieux anticiper l'évolution des exigences et la professionnalisation des compétences. Ils sont **associés très tôt aux objectifs industriels.**

En France, je rencontre encore trop souvent des prestataires en attente de visibilité. J'estime important de les associer plus étroitement à la préparation des activités et au retour d'expérience. À ce titre, j'insiste à nouveau sur l'importance des fiches d'évaluation des prestataires (FEP) qui doivent être un outil de dialogue, établi et discuté avec les entreprises au plus près de la réalisation des interventions.

En France : un appui renforcé aux sites

J'ai constaté la volonté manifeste de l'Unité technique opérationnelle UTO et de l'UNIE de mieux appuyer les sites. En particulier, l'UNIE a choisi d'élargir le positionnement de GMAP, de simple prescripteur de la maintenance à celui d'un appui aux ingénieries de site. J'ai également noté la mise en place par l'UTO d'équipes mutualisées, en appui aux arrêts de tranches (DEMAT).

Les autres centres d'ingénierie contribuent également à la maintenance, en support des sites de la DPN : génie civil, remplacement des gros composants, traitement de l'obsolescence, traitement des cumuls d'écarts, etc. Il faudra s'assurer que la nouvelle organisation de l'ingénierie du Groupe facilite effectivement cette contribution.

Je suivrai avec attention l'ensemble de ces évolutions en 2016.

En particulier, je souhaite évoquer le traitement de l'obsolescence qui revêt une importance croissante liée à l'allongement de la durée de fonctionnement des réacteurs. Ce traitement mobilise toutes les unités d'ingénierie. Je serai vigilant quant à la robustesse du pilotage et à la mobilisation des ressources nécessaires par les centres d'ingénierie.

MES RECOMMANDATIONS

En France, la **mobilisation sur la démarche pluriannuelle** est bien affichée mais il reste du chemin à parcourir dans la programmation et la préparation des interventions de maintenance :

- j'encourage l'ingénierie nationale à poursuivre jusqu'à une véritable programmation **pluriannuelle des modifications** répondant aux attentes des sites,
- j'alerte sur le caractère tendu du **planning d'instruction des VD4** du palier 900 MWe qui **appelle des dispositions particulières,**
- j'invite les directions locales à mieux protéger leurs préparateurs pour qu'ils puissent se consacrer suffisamment à ce travail de long terme.

La qualité des activités de maintenance est essentielle à la sûreté. En France, je recommande aux, directions de sites, en lien étroit avec les entreprises prestataires, de saisir l'opportunité du nouveau guide MMPE pour **renforcer l'appropriation des fondamentaux de maintenance.**

Faire simple aide à faire bien du premier coup et contribue à la qualité et à la sûreté. J'encourage toute **démarche de simplification orientée vers les intervenants,** qu'ils soient EDF ou prestataires.

9 / LA CHIMIE EN FRANCE : UNE TRANSITION À BIEN ACCOMPAGNER

Une opération de mesure chimique

La chimie contribue aux résultats de sûreté et de radioprotection. Elle porte aussi la garantie de la tenue dans le temps des équipements.

Si la prise en compte des conclusions du groupe de travail de 2010 a permis au parc de progresser, ce déploiement est inégal entre les sites.

En 2016, la diffusion du *Guide des métiers de la chimie* et la modernisation des laboratoires contribueront à renforcer la place donnée à la chimie dans l'exploitation.

Nota : ce chapitre traite exclusivement du sujet chimie dans les REP et exclut donc les AGR britanniques. Seul REP, Sizewell B a de bons résultats.

Une bonne maîtrise de la chimie de l'eau dans un REP est une exigence forte pour l'exploitant nucléaire. D'abord, elle **contribue à la sûreté** *via* le respect des spécifications techniques d'exploitation chimiques et radiochimiques. Elle joue aussi un rôle important en radioprotection, notamment en limitant les dépôts radioactifs sur les circuits lors des arrêts de tranche. Enfin, un haut niveau de performance en chimie permet de prolonger la durée de vie des équipements[73].

Ce dernier point concerne le temps long : les conséquences ne se feront sentir qu'à terme, avec le cumul des écarts. Le risque de privilégier un résultat immédiat au détriment de cet aspect est donc grand.

Cette année, lors des mes visites, j'ai rencontré systématiquement les services de chimie des sites. Je me suis aussi rendu au Centre d'expertise et d'inspection dans les domaines de la réalisation et de l'exploitation, le CEIDRE. J'ai, de plus, rencontré le Pôle compétences conseil PCCEO[74].

DES RÉSULTATS ENCOURAGEANTS

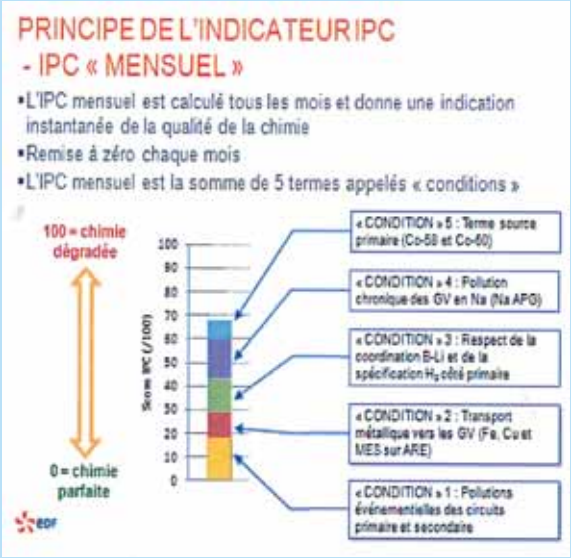
Je tiens à saluer la **bonne progression des résultats de ce domaine.** J'encourageais en 2012 la création d'instruments de suivi de performance. Comme le confirme l'Inspection nucléaire d'EDF, l'indicateur IPC (cf. encadré) est généralisé : il améliore le suivi de ce domaine

[73] *La chimie joue aussi un rôle important dans le domaine de l'environnement, non abordé dans ce rapport.*

[74] *Entité de la DPN responsable de l'animation des métiers.*

et facilite les comparaisons entre sites. Je constate qu'il peut être associé à des indicateurs de pilotage plus précis ou spécifiques sur certains sites pour le suivi de problèmes particuliers (maîtrise de l'entartrage, par exemple). WANO porte une appréciation encourageante sur les résultats du parc français. Néanmoins, je note encore une **trop grande disparité entre les sites** et j'encourage les échanges de bonnes pratiques.

L'indicateur IPC



Déployé sur tout le parc français, l'indicateur mensuel de performance de la chimie (IPC) permet de se rendre compte rapidement d'une dégradation de la chimie. Il intègre de nombreux paramètres représentatifs de la chimie des circuits primaire et secondaire et note les réacteurs sur une échelle de 1 à 100 :

- de 0 à 10, chimie parfaite,
- de 11 à 50, chimie moyenne,
- de 51 à 100, chimie dégradée.

LA PLACE DE LA CHIMIE SUR LES SITES

Un positionnement inégal dans les projets

Je relève la **meilleure place donnée à la chimie dans l'exploitation des tranches.** La situation a bien évolué depuis l'époque récente où elle n'était trop souvent que l'affaire des seuls chimistes. Elle est désormais mieux associée à la conduite opérationnelle des tranches.

Certains sites l'intègrent dans les projets tranche en marche (indicateur chimie présent dans la salle du TEM) et arrêts de tranche (bonne prise en compte de la réduction du terme source lors du passage à l'arrêt). Elle commence à trouver sa place dans les systèmes de management intégré des sites. J'ai observé des pratiques performantes : parler systématiquement chimie lors de la réunion opérationnelle du matin, associer hebdomadairement un chimiste à la confrontation sûreté entre le chef d'exploitation et l'ingénieur sûreté.

Cette **situation varie trop d'un site à l'autre.** Sur certains sites, la chimie reste isolée, faute d'un soutien managérial suffisant. Je note que la culture chimie des équipes de direction reste souvent en retrait. Alors que le groupe de travail chimie 2010 préconisait la création d'une ingénierie locale, certains sites ne l'ont fait qu'au second semestre 2015.

Je note la **progression de la relation entre la conduite et la chimie** mais quelques fragilités subsistent, par exemple le partage des responsabilités dans les lignages des systèmes d'échantillonnage nucléaire et du boremètre. Ces deux points importants pour la sûreté mériteraient une attention renforcée. Je relève les difficultés rencontrées des chimistes pour faire aboutir leurs demandes d'intervention ou de modification de ces systèmes.

En arrêt de tranche, si la chimie est mieux écoutée sur la maîtrise des spécifications chimiques et la radioprotection, un effort reste à entreprendre sur la durée de vie des équipements. Je ne relève, par exemple, que trop rarement la mise en œuvre effective de la conservation du poste d'eau à l'arrêt. La tenue dans le temps des générateurs de vapeur, équipements importants pour la sûreté nucléaire, en dépend pourtant étroitement.

Mesure de chimie

La nécessaire rénovation des laboratoires

Je visite régulièrement les laboratoires. Ils datent la plus part de la construction des sites. Souvent vétustes et trop exigus, ils ne permettent pas d'implanter facilement de nouveaux matériels de mesure, pour beaucoup requis par les nouvelles exigences environnementales. Dans les bâtiments tertiaires où ils sont parfois installés, leur rénovation pose problème, notamment pour les ventilations. Je note une dispersion géographique qui ne

favorise pas la bonne coopération entre les différentes équipes de chimistes.

En 2015, tous les sites visités m'ont fait part de leur **projet de construction d'un nouveau laboratoire.** Je me félicite du projet national, engagé sous le contrôle d'un délégué d'état-major de la DPN. Un jury valide les projets en cours et garantit leur financement. À mon sens, cette démarche devrait contribuer à un retour à une situation satisfaisante dans des délais raisonnables.

UN MÉTIER À PART ENTIÈRE

Un nouveau guide métier : le *Noyau de cohérence chimie*

En 2012, je signalais dans mon rapport la difficulté pour les chimistes à se retrouver dans le cadre de cohérence des métiers de maintenance. Je me réjouis donc de l'élaboration du *Noyau de cohérence chimie*, sur le même principe que celui des métiers de la conduite et des métiers de maintenance. Ce guide, finalisé par PCCEO en 2015, s'appuie sur les travaux du GT chimie 2010, le retour d'expérience des autres *Noyaux de cohérence* et un important partage entre les sites, le CEIDRE et l'UNIE (cf. encadré). Il sera déployé à partir de 2016.

Le guide *Noyau de cohérence chimie*

En 2015, la DPN a finalisé un guide de la chimie, le Noyau de cohérence, précisant la place de la chimie en exploitation et le rôle de chacun des métiers ou emplois. Ce travail a été réalisé en lien avec la majorité des sites, le CEIDRE, UNIE/GPRE, GPSI et PCCEO. Destiné aux managers et aux agents :

- il donne une **ambition,**
- il précise les **contributions** de la chimie,
- il fixe les **fondamentaux** du métier,
- il définit les **emplois,** les **compétences** et les **parcours**.

Décliné à partir de **2016,** il prévoit un engagement sur tous les domaines à la mi-2017 pour disposer dans **chaque site** d'une **feuille de route adaptée** au contexte.

Le pôle Compétences conseil peut s'appuyer sur ce guide pour renforcer l'animation du métier. Il doit continuer à veiller, en complément des réunions du réseau des managers, à être présent sur le terrain.

Des compétences renouvelées

Comme dans tous les métiers, le personnel de la chimie a été fortement rajeuni, sans dégrader la compétence globale. La chimie étant organisée par poste de travail (appareil de mesure), des manques d'expérience ponctuels peuvent apparaître et être compensés par la mutualisation entre les sites. S'y ajoute le CEIDRE qui peut accompagner les sites, par exemple pour la mise en place d'un nouvel équipement. Dans la continuité des académies sur les savoirs communs, des **académies sur la chimie ont été créées et jouent bien leur rôle.** Je note, sur la plupart des sites, l'ajout sur les chantiers écoles de matériels propres à la chimie (boîte à gants) afin que les chimistes puissent, eux aussi, s'entraîner aux méthodes de fiabilisation.

Le **recrutement se fait bien**, les **pépinières sont en place** et les départs en inactivité, importants jusqu'en 2016, baisseront ensuite, rendant la situation moins tendue.

Chimiste réalisant un dosage

Des exigences croissantes

Je constate une **forte montée des exigences sur ce métier.** Pour la gestion des effluents, une démarche est engagée afin de se rapprocher de la norme ISO 17025, à laquelle la partie environnement se conforme déjà.

La **mutualisation et la simplification des méthodes et des appareils sont en cours**. L'objectif est de disposer sur les sites des mêmes appareils analytiques. Je note une démarche prometteuse, mais lourde à porter pour les équipes concernées.

Je mesure l'ambition, mais aussi les difficultés, de ces chantiers et **j'attire l'attention sur le cumul de ces transformations** qui sollicitent des équipes encore peu expérimentées.

LA CHIMIE AU NIVEAU NATIONAL

Une animation technique reconnue

Le **CEIDRE** assure bien sa mission d'animation technique et reste, dans les propos des agents des sites, le **référent technique incontournable.** Son animation est appréciée des sites : partage d'expérience et appuis en temps réel comme ceux qui sont proposés en début d'arrêt de tranche. La *Plénière de la chimie,* organisée chaque année, reste un symbole fort de la dynamique de ce réseau de plus en plus soutenu par les managers de la DPN. Cela doit contribuer à en faire un lieu d'échanges techniques et de valorisation du métier de chimiste.
Je relève de nouveau la difficulté du CEIDRE pour se gréer avec des compétences issues des services chimie des CNPE.

La norme ISO 17025

Les laboratoires réalisant la surveillance de la radioactivité dans l'environnement sont depuis plusieurs années agréés par l'autorité de sûreté nucléaire ASN, à partir des critères de la norme ISO 17025. Cela impose un suivi régulier par un organisme externe d'accréditation : le COFRAC [1]. Les laboratoires réalisant des mesures sur les rejets d'effluents travaillent dans une démarche équivalente à cette norme sans toutefois viser à l'accréditation. Ils doivent ainsi démontrer la qualité de leurs mesures par :

- des essais interlaboratoires et des contrôles croisés,
- leur conformité aux normes des procédures de prélèvement et d'analyses,
- le suivi de la métrologie,
- la démonstration des compétences de leur personnel,
- l'intégration de leur organisation dans un système de management.

[1] *COmité FRançais d'ACcréditation.*

L'UNIE-GPRE renforce son animation des sites sur le domaine des effluents, en recherchant à aligner l'organisation et les méthodes sur celles de la partie surveillance de la radioactivité de l'environnement. Il assure le pilotage d'ensemble du projet associé au déploiement des nouveaux laboratoires.

Une organisation encore complexe

Sur chaque site, le déploiement des projets (*Noyau de cohérence* et laboratoires) doit contribuer à clarifier et à simplifier : mêmes management, méthodes et lieu de travail.

Au niveau national, je suis en revanche frappé par la **complexité de l'organisation. La chimie** est partagée entre l'environnement, la radioprotection et la production, l'ingénierie de la chimie et de l'environnement étant elle-même répartie entre le CEIDRE (DIPNN), l'UNIE (DPN), la DIPDE (DPNT) et l'UTO (DPN). Au sein même de l'UNIE, les activités sont partagées entre GPRE et GPSI[75]. Vu d'un site, la coordination d'ensemble est peu lisible. Cela ne favorise pas l'intégration des différents aspects techniques, réglementaires, managériaux. J'encourage à engager une réflexion sur ce point, pour **simplifier l'organisation, et à renforcer la priorisation des dossiers.**

[75] *Groupe Process Systèmes d'Information.*

MES RECOMMANDATIONS

Au moment où le parc français investit dans le renouvellement des gros composants pour prolonger la durée de fonctionnement des réacteurs, il est nécessaire de **mieux prendre en compte les exigences de la chimie en exploitation**, facteur de sûreté et de radioprotection **dans la durée.**
En 2015, l'élaboration d'un Noyau de cohérence **pour la chimie** relance la dynamique de ce métier. Associée aux projets de construction de laboratoires et aux travaux sur les méthodes, elle doit permettre d'améliorer les performances des réacteurs français et de rejoindre les meilleurs standards internationaux. **J'encourage les managers des unités à s'en saisir** pour réussir ces changements.
J'attire l'attention sur la **difficulté à conduire ces nombreuses évolutions** dans des équipes encore jeunes et je recommande à la DPN un **accompagnement personnalisé** de chaque site.
Au niveau national, **l'organisation de la chimie et de l'environnement** reste **trop complexe**, en particulier l'ingénierie en appui. J'invite les directions de la DIPNN et de la DPNT à **analyser cette situation.**

10 / DES CHANTIERS DE DÉCONSTRUCTION QUI AVANCENT

Vue des centrales en démantèlement du site de Chinon

La déconstruction est une des conditions de l'acceptation sociétale du nucléaire. EDF s'est doté d'une structure dédiée et les neuf chantiers français de démantèlement progressent de façon satisfaisante.

Le retour d'expérience de ces chantiers montre la nécessité d'une bonne intégration de la déconstruction dès l'exploitation et d'une bonne maîtrise de la gestion des déchets.

La mise à disposition de sites de stockage de déchets ultimes de déconstruction et le développement de filières de traitement constituent des enjeux majeurs.

EN FRANCE, UN DISPOSITIF OPÉRATIONNEL

Une attitude éthique

L'AIEA recommande de procéder à un démantèlement dès la fin de l'exploitation[76]. Dès 2001, **EDF SA choisissait de d'entreprendre la déconstruction des réacteurs à la fin de leur exploitation,** pour ne pas laisser cette charge aux générations futures. Ce choix permet aussi d'utiliser pour la déconstruction les compétences et outillages ayant servi à l'exploitation. Il lui procure également un retour d'expérience utile à la conception des nouveaux réacteurs. EDF entend ainsi faire la démonstration de sa maîtrise de l'ensemble du cycle de vie de ses installations.

Une organisation renforcée en 2015

En 2001, EDF SA s'est doté de compétences dédiées, avec la création d'une unité d'ingénierie, le CIDEN[77], pour assurer le pilotage de la déconstruction des installations nucléaires, et en maîtriser tous les aspects. Une nouvelle direction, la DPDD[78], rassemble depuis 2015 les compétences de déconstruction et de gestion des déchets, renforce le pilotage des projets et s'applique à développer des filières industrielles de gestion des

[76] *General safety requirements Part 6 (Edition 2014) : « The preferred decommissioning strategy shall be immediate dismantling. »*

[77] *Centre d'Ingénierie Déconstruction ENvironnement.*

[78] *Direction des Projets Déconstruction Déchets.*

déchets, dans la perspective du démantèlement futur des réacteurs actuellement en exploitation.

L'effort de déconstruction s'appuie également **sur d'importants travaux de R&D,** comme l'étude de la tenue des structures support du graphite des réacteurs en cours de démantèlement ou la caractérisation des termes sources des réacteurs UNGG[79]. Les expertises réalisées lors de démantèlements peuvent également être utiles pour le parc en exploitation.

Des provisions financières reposant sur des actifs dédiés et sécurisés **ont été constituées pour couvrir** les dépenses afférentes à **la déconstruction.** Elles font l'objet de contrôles réguliers, notamment par la Cour des comptes et la DGEC[80].

[79] *Réacteurs fonctionnant avec de l'Uranium Naturel, avec un modérateur en Graphite, et du Gaz carbonique comme fluide caloporteur.*

[80] *Direction Générale de l'Energie et du Climat, ministère du Développement durable.*

Je relève la cohérence de cette approche, qui s'inscrit dans le temps long et nécessitera d'y consacrer les ressources adaptées dans la durée.

Intérieur de la centrale de Chooz A

Définitions et cadre général de la déconstruction

Le Code de l'environnement fait principalement référence à la notion de **démantèlement** définie comme les opérations techniques effectuées en vue d'atteindre un état final permettant de retirer le site de la liste des installations nucléaires **(déclassement).**

Le démantèlement succède à la phase de la **mise à l'arrêt définitif** qui, sur un plan réglementaire, relève encore de la phase de fonctionnement de l'installation. La mise à l'arrêt définitif comprend principalement le déchargement du combustible et la vidange de tous les circuits. EDF utilise le terme de **déconstruction** pour qualifier l'ensemble des opérations de mise à l'arrêt définitif et de démantèlement.

La loi sur la transition énergétique pour la croissance verte du 17 août 2015 prévoit que, lorsqu'une installation nucléaire est définitivement arrêtée, *« son exploitant procède à son démantèlement dans un délai aussi court que possible, dans des conditions économiquement acceptables… »*. C'est ce qu'on appelle usuellement **démantèlement immédiat**, qui commence juste après la mise à l'arrêt définitif.

Démanteler un réacteur passe par une suite d'actions complexes qui s'étalent sur plusieurs décennies, jalonnées par des autorisations réglementaires. Ainsi le démarrage des opérations de démantèlement est subordonné à l'obtention d'un **décret d'autorisation**, pris après enquête publique et avis de l'autorité de sûreté nucléaire (ASN). Comme pour les phases d'exploitation, l'ASN fixe les objectifs de sûreté et en contrôle le respect par l'exploitant.

Une faisabilité industrielle déjà démontrée

EDF SA a engagé le démantèlement de 9 réacteurs de première génération (cf. carte en annexe) : l'expérience et le savoir-faire acquis sur ces chantiers seront extrêmement précieux pour les démantèlements des autres réacteurs.

La faisabilité industrielle de la déconstruction des réacteurs à eau pressurisée est acquise. Ainsi à Chooz A, premier REP français, la cuve, dernier gros composant, commencera à être découpée en 2017. Cette opération a déjà été réalisée sur des REP à l'étranger (Espagne, États-Unis). De plus, la standardisation du parc en service aura un impact positif sur ces opérations en facilitant le développement de solutions industrielles efficaces.

Des risques spécifiques à maîtriser

Les risques, liés au démantèlement sont très différents de ceux liés aux réacteurs en exploitation. Une fois le combustible usé retiré du cœur et évacué du site, 99,9% de la radioactivité ont été supprimés**.** Les besoins de refroidissement et de maîtrise de la réactivité du combustible sont ainsi éliminés. Cependant, il reste dans l'installation des produits radioactifs en quantité très faible, qui nécessitent des dispositions adaptées à la protection des travailleurs et de l'environnement.

Un chantier de démantèlement comporte de très nombreuses opérations conventionnelles (découpe, manutention de charges lourdes, démontage, etc.), parfois dans des espaces confinés. On utilise des installations

datant du réacteur initial (moyens de levage, ventilations, éclairage, etc.) qu'il faut parfois redimensionner, voire compléter par de nouvelles installations. Enfin, l'environnement des chantiers et les conditions d'exécution des tâches évoluent progressivement, ce qui implique examens et analyses de risques réguliers.

Si, en première approche, les opérations de déconstruction peuvent apparaître relativement simples, les risques liés à la **présence de résidus radioactifs** conduisent à adopter des démarches méthodiques et rigoureuses, proches de celles de l'exploitation. J'attire aussi l'attention sur le **risque d'accidents de personnes et d'incendies :** il doit faire l'objet de mesures de prévention d'autant plus strictes que certaines opérations peuvent être très longues (plusieurs années).

Action de surveillance dans le site de Chooz A

Mes observations sur les chantiers

De mes visites à Brennilis, Chooz A, Creys-Malville et Chinon A3, **je retiens la forte préoccupation de sécurité et de radioprotection,** le bon état radiologique des sites et une progression significative des travaux. J'ai pris conscience des constantes de temps importantes liées à ces démantèlements, dues notamment à la complexité des opérations, aux contraintes réglementaires et aux recours juridiques. Je relève enfin un soutien plus complexe pour les sites qui ne peuvent s'adosser à des CNPE.

J'ai été favorablement impressionné par la qualité des équipes. Compétent et motivé, conscient de son rôle de pionnier, le personnel est sensible aux innovations issues de ces opération. On m'a ainsi présenté des techniques contribuant à la sécurité et à la radioprotection : préparation des chantiers en 3/4D, découpe par laser, robotisation des activités de découpe, d'extraction et de conditionnement ultime, etc.

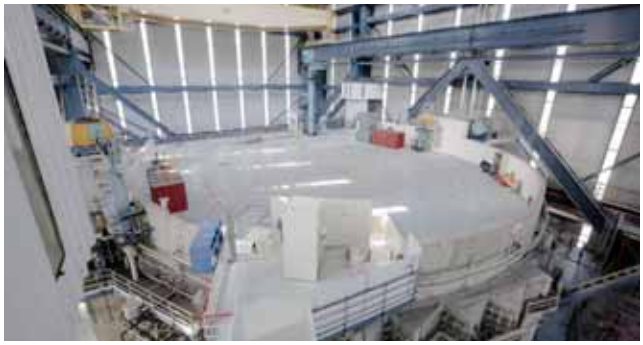
Je relève aussi le fonctionnement satisfaisant du système d'autorisation interne (SAI). En place depuis une dizaine d'années, régulièrement contrôlé par l'ASN, il permet à l'exploitant, sous sa propre responsabilité, de franchir certaines étapes de la déconstruction et de valider les mises à jour du référentiel de sûreté et d'exploitation. Il repose sur un Comité de sûreté de la déconstruction, intégrant des partenaires externes (CEA et CEPN[81]).

À Brennilis, j'ai noté l'élimination totale des bâtiments auxiliaires nucléaires et combustible, le démantèlement en cours de la station de traitement des effluents. Il reste à démanteler la structure métallique ayant contenu le cœur puis le bâtiment réacteur.

À Chooz A, la déconstruction avance également bien. La paroi de la caverne où se trouvait le réacteur a fait l'objet d'un nettoyage radiologique poussé, le circuit primaire a été démonté et évacué. La préparation des opérations de découpe de la cuve – prévue à partir de 2017 – a débuté.

À Creys-Malville, le démontage des gros composants du bâtiment réacteur (pompes primaires et secondaires et échangeurs intermédiaires), sauf la cuve, est terminé. Le traitement des 5 000 tonnes de sodium s'est achevé en octobre 2014 (conversion en soude, bloquée ensuite dans des blocs de béton très faiblement actifs). La réussite de cette opération difficile permet d'aborder le démantèlement progressif de la cuve dans un environnement radiologique favorable. Le site présente la particularité d'entreposer du combustible dans une installation dédiée et séparée.

À Chinon A3, le démontage des échangeurs de la première zone est terminé et celui de la seconde bien avancé. J'ai perçu, sur ce réacteur, tout l'intérêt d'avoir engagé, dès la mise à l'arrêt, les premières opérations de déconstruction, facilitant les étapes suivantes.



Intérieur de la centrale de Bugey 1 : bloc réacteur

AU ROYAUME-UNI, UNE APPROCHE DIFFÉRENTE

EDF Energy souhaite assurer la responsabilité de la déconstruction des réacteurs qu'il exploite[82]. Cependant, le gouvernement britannique pourrait décider d'en prendre le contrôle après la fin d'exploitation

[81] *CEPN : le Centre d'Etude sur l'évaluation de la Protection dans le domaine Nucléaire associe le CEA, l'IRSN, AREVA et EDF pour constituer un pôle de recherche et d'études sur l'évaluation de la protection de l'homme contre les dangers des rayonnements ionisants.*

[82] *Cela diffère de la situation des réacteurs déjà arrêtés (essentiellement la dizaine de Magnox), dont la propriété a été transférée à la NDA.*

et d'en confier la déconstruction à un tiers, *a priori* la NDA[83].

La déconstruction des installations existantes est financée par un fonds (le *Nuclear liabilities fund)* détenu et géré pour le compte du gouvernement, qui en garantit la disponibilité et la suffisance. Le financement de la déconstruction des installations futures devrait aussi être assuré par un fonds géré par un organisme indépendant.

EDF Energy a choisi pour la déconstruction de ses réacteurs AGR, à l'instar de la NDA pour les MAGNOX[84], **une stratégie de démantèlement différé,** option ouverte par l'AIEA et autorisée par la réglementation britannique. Ce choix est motivé notamment par l'absence actuelle de filière d'élimination de certains déchets, en particulier le graphite. Dans un premier temps, les opérations de démantèlement ne concerneront donc pas le caisson réacteur. Suivra ensuite une période de surveillance d'environ 75 ans, à l'issue de laquelle sera réalisé le démantèlement en bénéficiant de la décroissance naturelle de la radioactivité. La stratégie retenue **pour Sizewell B** (réacteur à eau pressurisée) est, comme en France**, le démantèlement immédiat.**

Les 14 AGR exploités par le groupe EDF au Royaume-Uni seront arrêtés entre 2023 et 2030 selon les prévisions actuelles. En accord avec les autorités britanniques, EDF Energy commencera à préparer la fin de l'exploitation, 6 ans avant la mise à l'arrêt définitif, c'est-à-dire à partir de 2017. **Je note qu'en 2016 une stratégie de déconstruction sera finalisée.** Un modèle d'activité adapté au contexte britannique sera établi avec l'appui de la DPDD d'EDF SA et une organisation, mise en place. En 2017, des travaux de préparation pourront alors commencer (définition de la *fuel route* », caractérisation, inventaires, investissements éventuels à Sellafield, etc.).

[83] *Nuclear Decommissioning Authority.*
[84] *MAGNesium OXide, réacteurs britanniques précédant les AGR.*

Les déchets de déconstruction

Pour les 9 réacteurs en cours de déconstruction :

- les déchets de très faible activité TFA (inférieurs à 100 Bq/g) représentent 115 000 tonnes,
- les déchets de faible et de moyenne activité (FA-MA) (respectivement de 100 à 1 million de Bq/g et de 1 million à 1 milliard de Bq/g) à vie courte (VC : période inférieure ou égale à 31 ans) représentent 53 000 tonnes,
- 2 % des déchets radioactifs sont à vie longue (VL : période radioactive supérieure à 31 ans). Il s'agit de 17 100 tonnes de graphite, déchets de faible activité (FA-VL) spécifiques des six réacteurs UNGG, et de 300 tonnes de déchets de moyenne activité (MA-VL).

L'Agence Nationale pour la gestion des Déchets RAdioactifs (ANDRA) est chargée de la gestion à long terme des déchets radioactifs produits en France. Elle doit notamment rechercher des solutions de stockage pour tous les déchets radioactifs ultimes, exploiter et surveiller des centres de stockage sûrs pour l'homme et l'environnement.

Les déchets sont ou seront donc envoyés dans les centres de stockage de l'ANDRA en fonction de leur radioactivité :

- les déchets de TFA-FA et MA-VC sont stockés dans les centres de Morvilliers et de Soulaines,
- le site ultime pour le graphite (FA-VL) n'est pas encore déterminé,
- les déchets de moyenne activité vie longue (MA-VL) seront envoyés au site de stockage géologique CIGEO[1], qui devrait être mis en service à partir de 2025. Ils seront provisoirement entreposés dans l'installation ICEDA[2] (EDF) dont les travaux ont repris en 2015.

[1] *Centre Industriel de stockage GÉOlogique exploité par l'ANDRA (Agence Nationale pour la gestion des Déchets RAdioactifs).*
[2] *Installation de Conditionnement et d'Entreposage des Déchets Activés.*

UNE ÉTAPE À PRÉPARER DÈS L'EXPLOITATION

En France, les réacteurs actuellement en service (deuxième génération) font l'objet d'actions visant à porter leur durée de vie à soixante ans. Quelle que soit la prolongation accordée, il faudra les démanteler, dans quelques années ou dans quelques décennies, et **il convient de s'y préparer dès maintenant.**

En 2006, un de mes prédécesseurs pointait les difficultés rencontrées dans l'assainissement des 56 puits d'entreposage de l'AMI[85]. Il espérait que ces difficultés feraient prendre conscience que ***« les négligences d'un jour se paient des décennies après ».*** Force est de constater qu'en 2015, ces assainissements sont à peine terminés alors que l'AMI devrait prochainement passer en phase de démantèlement.

De cet exemple, je retiens qu'**un exploitant responsable doit s'astreindre à conserver son installation la plus propre possible.** Les démarches EVEREST et MEEl sont, sur ce point aussi, particulièrement vertueuses. J'ai

[85] *Atelier des Matériaux Irradiés, laboratoire situé à Chinon.*

mesuré lors de mes visites, combien la bonne conservation de la mémoire des événements d'exploitation facilite les opérations de démantèlement.

Depuis l'EPR de Flamanville 3, la déconstruction des réacteurs est préparée dès le départ : un plan de déconstruction est rédigé à la conception puis tenu à jour au cours de l'exploitation. Deux objectifs y sont poursuivis : réduction de la dose pour les intervenants et baisse du volume de déchets radioactifs et de produits dangereux.

Les effectifs nécessaires pour la déconstruction d'un réacteur sont, en moyenne, de l'ordre du dixième des effectifs en exploitation. La déconstruction fait largement appel à la sous-traitance. J'attire l'attention sur l'intérêt de disposer aussi sur ce domaine d'une politique industrielle qui fidélise les sous-traitants et leur donne une visibilité suffisante.

LES DÉCHETS DE DÉCONSTRUCTION EN FRANCE

Le démantèlement produit des déchets dont la **majeure partie** (environ 80 %) **est constituée de déchets non radioactifs** et sera recyclée. Les déchets radioactifs, pour l'essentiel de faible ou très faible activité, font l'objet d'une caractérisation précise avant leur conditionnement en vue d'un **stockage définitif par l'ANDRA[86] dans des centres dédiés dont la disponibilité est essentielle.** Faute de seuil de libération, comme il en existe dans de nombreux pays européens, la France a mis en place une très importante filière spécifique pour la gestion des déchets très faiblement actifs (TFA). Je m'étonne de telles différences de pratiques entre pays comparables.

L'inventaire national des déchets et leur plan de gestion (PNGMDR[87]), réalisés par l'ANDRA, soulignent que **les sites de stockage existants** (Soulaines et Morvilliers) **seront insuffisants pour accueillir les déchets de démantèlement de tous les réacteurs en service. Il est donc indispensable d'identifier d'autres solutions.**

Il faut aussi trouver une solution particulière pour le graphite (faible activité à vie longue FAVL), issu des réacteurs UNGG.

Les déchets haute activité vie longue (HAVL) ne sont pas des déchets de déconstruction. Issus du traitement du combustible, ils sont évoqués au chapitre 12.

[86] *Agence Nationale pour la gestion des Déchets Radioactifs.*
[87] *Plan National de Gestion des Matières et Déchets Radioactifs.*

Les seuils de libération

Le seuil de libération d'un déchet nucléaire est la valeur de la radioactivité en deçà de laquelle ce déchet peut être considéré comme un déchet conventionnel.

De tels seuils, prévus par l'AIEA et Euratom, existent dans la plupart des pays. En France, l'ASN a décidé de ne pas mettre en place de tels seuils de libération inconditionnelle. Ainsi, un déchet issu d'une zone nucléaire aura vocation à être géré dans une filière nucléaire, même si son caractère radioactif n'est pas avéré. C'est pourquoi, contrairement aux autres pays, la France dispose d'une filière spécifique pour la gestion des déchets très faiblement actifs (TFA).

L'existence d'un seuil de libération permet de réduire significativement le volume des centres de stockage ultime (division par trois dans le cas de l'Allemagne). Toutefois même en deçà du seuil se pose un problème d'acceptabilité de ces déchets libérés. Des réflexions sont engagées afin d'envisager une valorisation de ces déchets, moyennant des précautions particulières (dérogation de l'ASN, traçabilité dans les filières de réutilisation, etc.)

MES RECOMMANDATIONS

En France, comme au Royaume-Uni, le groupe EDF devra démanteler les réacteurs qu'il exploite. L'expérience des réacteurs déjà en déconstruction en France démontre **qu'une bonne anticipation dès l'exploitation facilite considérablement ces travaux.** J'invite donc les exploitants à s'y préparer en relation avec la Direction des projets déconstruction déchets, créée en 2015.

En France, **la suffisance de capacités de stockage des déchets conditionne** le bon achèvement des opérations de **déconstruction.** Même si la recherche de sites de stockage n'est pas de la responsabilité d'EDF, j'encourage les parties prenantes concernées au sein du Groupe à contribuer activement à l'émergence de ces filières et à leur mise en service effective.

Plus généralement, j'appelle à une **réflexion sur l'intérêt et les limites d'un seuil de libération** au regard de la protection de la population et de l'environnement.

Déconstruire un réacteur est une opération longue, qui exige anticipation et continuité. J'attire l'attention sur **l'intérêt de disposer aussi, sur ce domaine, d'une politique industrielle** qui fidélise les sous-traitants et leur donne de la visibilité.

11 / LES EPR EN CHINE, EN FRANCE ET AU ROYAUME-UNI

Le site de Taishan (Chine)

Taishan progresse à bon rythme et ouvre désormais la voie.

Cette dynamique est favorable au projet Flamanville 3, qui repart sur un nouveau planning et une coopération soutenue avec Taishan.

Au-delà des deux EPR prévus à Hinkley Point C, le Groupe engage le projet d'un nouveau réacteur dérivé de l'EPR : l'EPR NM.

LE RYTHME SOUTENU DU PROJET TAISHAN

Dans la continuité d'un partenariat de plus de trente ans entre EDF et CGN[88], la société TNPJVC[89] (EDF 30 %) construit et exploitera deux tranches EPR sur le site de Taishan en Chine. Des équipes d'EDF sont associées aux différentes phases du projet, de la conception à l'exploitation.

J'ai été impressionné par les cadences de montage sur les deux tranches dont les avancements sont très proches. Je relève aussi une forte co-activité sur le chantier et j'apprécie la volonté de la direction du projet d'obtenir un bon niveau de propreté nucléaire en préalable au démarrage, en s'appuyant sur les standards internationaux. Je mesure l'intérêt de réaliser une paire de réacteurs en parallèle sur le même site, au bénéficie non seulement de l'optimisation industrielle mais aussi de la qualité et de la sûreté.

Des jalons significatifs ont été franchis en 2015 pour la tranche 1 : chasses en cuve en septembre, début des essais à froid en décembre.

Un pilotage efficace des jalons du projet en toute sûreté

J'ai apprécié la mobilisation des équipes sur les mêmes objectifs. Tous les acteurs de TNPJVC et des principales entreprises associées, notamment AREVA, sont tournés

[88] *CGN : China General Nuclear Power Corporation, électricien chinois.*

[89] *Taishan Nuclear Power Joint Venture Company Limited.*

vers l'atteinte des prochains jalons clefs du projet. Le slogan ***« one team, one goal, we commit, we win »,*** qui a montré sa force dans les étapes précédentes, est maintenant décliné pour la préparation des essais de démarrage.

Dans cette approche de sécurisation du planning, **une sélection rigoureuse des modifications** à intégrer avant le chargement est réalisée, avec l'appui du Centre national d'équipement nucléaire d'EDF (CNEN), pour les modifications en provenance de Flamanville 3. J'encourage cette pratique de maîtrise de la configuration, menée sans compromettre la sûreté.

Une préparation des essais et de l'exploitation qui donne confiance

La préparation au démarrage s'appuie largement sur **l'expérience acquise par CGN sur l'ensemble de ses sites.**

Je relève tout d'abord la forte implication du futur exploitant dans la prise en charge des systèmes élémentaires et des essais de démarrage ainsi que sa proximité avec l'ingénierie, bien présente sur le site.

J'estime que **le processus que m'a présenté TNPJVC pour la formation et l'évaluation des futurs opérateurs est robuste.** Il s'appuie notamment sur un simulateur pleine échelle de l'EPR, utilisé depuis plusieurs années. Il prévoit des périodes longues passées sur des sites en démarrage et en exploitation. Conformément à une exigence de l'autorité de sûreté, chaque équipe de conduite bénéficiera, pour le démarrage, de l'appui d'un chef d'exploitation expérimenté d'origine EDF. La formation initiale se termine par des évaluations rigoureuses puis par l'attribution d'une habilitation par l'autorité de sûreté chinoise.

Je note que les six pratiques de fiabilisation des interventions, analogues à celles employées par la DPN, vont être généralisées à tous les sites de CGN. J'apprécie le fort engagement des managers dont elles font l'objet à Taishan.

Je souligne la grande ouverture de TNPJVC sur les organismes et pratiques internationaux (AIEA, INPO, WANO, EPRI, etc.) avec :

- une auto évaluation du site lancée en mai 2015,
- une revue pré-OSART calée entre les essais à chaud et le chargement,
- une auto-évaluation des équipes de conduite suivant le concept des CPO[90],
- une revue des SOER.

[90] *CPO : Crew Performance Observation, auto-évaluation des équipes de conduite, basée sur l'observation individuelle et collective d'une équipe sur simulateur.*

Une filière indépendante de sûreté prometteuse

On m'a présenté les modalités de recrutement et de professionnalisation de la filière indépendante de sûreté (FIS) dont les missions et l'organisation sont semblables à celles d'EDF. J'ai mesuré le **grand professionnalisme des acteurs rencontrés :** ils ont en moyenne dix ans d'expérience dans leur société. Leur formation couvre les domaines conduite, consignation, facteurs humains et sera bientôt complétée par les aspects maintenance. En complément, du *shadow training* est organisé sur d'autres sites de CGN et d'EDF.

Je souligne la bonne pratique de mise en place des ingénieurs sûreté (IS) en travaux postés pendant la première année d'exploitation, décidée par CGN pour toutes ses centrales.

UN NOUVEAU PLANNING DIRECTEUR POUR FLAMANVILLE 3

Un nouveau planning a été annoncé en septembre 2015, avec un engagement personnel du Président d'EDF. Malgré les retards, j'encourage l'ensemble des équipes, dont j'ai apprécié la compétence et l'implication, à conserver leur motivation pour franchir les obstacles avant le démarrage.

Site de Flamanville 3

Une nouvelle gouvernance du projet

Je souligne **l'engagement au plus haut niveau pour la réussite du projet :** un directeur de projet dédié, directement rattaché au directeur de la DIPNN, avec délégation d'exploitant nucléaire jusqu'au chargement, le rattachement du chantier au directeur de projet et une nouvelle organisation de l'équipe projet, avec une **responsabilisation accrue des acteurs.**

J'attire également l'attention sur les impacts de la réorganisation de l'ingénierie et, dans une moindre

mesure, ceux liés au futur rapprochement avec AREVA. L'évolution des missions et responsabilités confiées au CNEN, les arbitrages de ressources dans des unités toujours très chargées nécessitent notamment un accompagnement. Les modalités futures de surveillance de la qualité des études et des fabrications d'AREVA sont à établir.

Une préparation robuste pour les essais de démarrage

Lors de ma visite du chantier, j'ai constaté le bon état général des matériels et **l'état exemplaire du chantier,** grâce à l'implication continue de la direction du site et des entreprises. J'ai noté l'implication de l'exploitant dans les modalités de conservation des matériels en prévision du démarrage.

Le processus de réalisation des essais est bien construit. La 2e revue Essais, d'avril 2015, a conclu que l'organisation sur le site et dans les centres d'ingénierie avait progressé. Ce processus a encore besoin de se roder en grandeur nature et il est tributaire de l'avancement des montages.

Je note aussi une forte ouverture aux pratiques internationales. Par exemple, la revue pré-OSART comprendra une démarche vertueuse d'auto-évaluation collective des équipes de conduite, suivant le concept des CPO WANO.

Pour les essais de démarrage, les effectifs d'essayeurs proviendront pour deux tiers du chantier lui-même, pour 20 % de la DPN et pour le reste de l'aide inter-sites des centres d'ingénierie. Mais les équipes ne sont pas encore totalement constituées. J'attire à nouveau l'attention sur le domaine particulier cœur-combustible : un réacteur de conception nouvelle et la durée du processus de professionnalisation pour les essais neutroniques me font craindre un manque d'essayeurs qualifiés pour le démarrage.

Des points de vigilance

J'observe que l'avancement des montages et des transferts de systèmes à l'exploitant n'est toujours pas suffisant pour permettre, durant la phase de réalisation des essais, l'appropriation progressive des installations par l'exploitant.

Trop de modifications apparaissent encore, postérieurement au gel de la conception en juin 2013. J'insiste à nouveau sur l'importance de la maîtrise de configuration, pour les études, les montages, les essais et l'exploitation. J'ai bien noté la prise en compte de cette priorité par la direction de projet.

La poursuite de **la mise en œuvre de la règlementation ESPN,** notamment la réalisation du programme de travail à trois ans, présenté à l'ASN par EDF et AREVA, reste un dossier sensible. Je mesure le très fort investissement que les équipes concernées devront y consacrer afin de le faire aboutir.

L'ASN, en accusant réception de la demande d'autorisation de mise en service déposée par EDF, liste les nombreux compléments attendus pour pouvoir se prononcer sur **le dossier de mise en service DMES**. Je m'interroge sur la capacité des équipes (EDF, ASN et IRSN) à faire face à une charge aussi importante.

Lors de ma visite à Flamanville, on m'a présenté des exemples de **coopération entre les équipes du chantier et du CNPE,** par exemple des détachements de personnel. J'encourage cette approche qui facilite la montée en compétences de l'exploitant sur les spécificités de l'EPR et son implication dans les transferts de systèmes pour consignation, puis pour exploitation provisoire. Si je me félicite de cette coopération appréciée des acteurs, j'estime qu'elle pourrait être renforcée à tous les niveaux. J'ai bien noté que de nouvelles actions ont été engagées à cette fin au deuxième semestre 2015 et je les suivrai avec attention.

Préparer l'intégration de Flamanville 3 dans le parc

Une approche intégrée entre Flamanville 1-2 et Flamanville 3 me paraît pertinente sur certains sujets. J'encourage, par exemple, à finaliser et à tester l'organisation de crise commune aux trois tranches pour en confirmer l'efficacité ainsi qu'à bâtir une vision pluriannuelle des modifications et de la logistique pour l'ensemble du site intégrant les VD3 de Flamanville 1-2, prévues en 2018 et 2019.

J'appelle également au renforcement des liens du CNPE avec la DPN. Une approche harmonisée de nombreux sujets présente en effet un intérêt pour la sûreté : RGE[91], pièces de rechange, REX, implication des PSM[92], positions vis-à-vis de l'ASN, actions de simplification, etc. Cela nécessitera le développement, notamment par l'UNIE, de compétences complémentaires.

TAISHAN ET FLAMANVILLE 3 : CAPITALISER L'EXPÉRIENCE DES ESSAIS

Au moment où Taishan ouvre la voie vers la première mise en service d'un EPR, la coopération entre les deux sites doit évoluer pour tirer parti de cette nouvelle

[91] *Règles Générales d'Exploitation.*
[92] *Pilotes Stratégiques de Matériels.*

donne dans les domaines ingénierie, chantier, relations avec les autorités de sûreté, essais, exploitation.

De nombreux exemples de coopération…

Lors de ma visite à Taishan, j'ai rencontré des salariés d'EDF motivés et investis, bien intégrés dans les équipes chinoises. On m'a aussi présenté le fonctionnement satisfaisant du backoffice en France, notamment dans le domaine sûreté : le CNEN est dorénavant en ordre de marche pour appuyer le site.

J'ai noté **de nombreux exemples de coopération entre Flamanville 3 et Taishan,** dans des domaines divers, au bénéfice de la sûreté des deux projets et je les soutiens : plusieurs ateliers techniques, développement du partage d'informations opérationnelles, échanges entre les Inspections nucléaires pour préparer la revue pré-OSART, etc.

On m'a aussi présenté différents domaines où EDF apporte un appui à Taishan : fermeture de la cuve, épreuve de l'enceinte avec le soutien de la DTG[93], préparation de la livraison du combustible.

Je note aussi l'intéressante approche de TNPJVC pour optimiser les volumes de maintenance afin de respecter les durées d'arrêt de tranche et j'encourage les acteurs d'EDF à s'y intéresser de près.

… à développer encore

Je souligne l'importance de **capitaliser l'expérience des essais de démarrage de Taishan**. Cela favorisera la détection et le traitement de tout événement précurseur lors des essais de Flamanville 3.

J'encourage le renforcement des échanges de personnel entre EDF et TNPJVC pour participer effectivement aux essais. De plus, ces échanges seront positifs pour la motivation des équipes de la DPN. J'ai aussi perçu un intérêt de CGN à poursuivre une telle coopération durant l'exploitation et je m'en réjouis.

Plus généralement, le partage d'expérience entre les premiers EPR est un enjeu fort pour les exploitants. La prise en compte du REX des différents EPR fait d'ailleurs l'objet d'une prescription de l'ASN. Le nouvel accord de coopération entre les exploitants de l'EPR, signé en novembre 2015 dans le cadre de l'EPROOG[94], couvre les domaines conception, construction, *licensing*, mise en service et exploitation. Il devrait être un levier efficace pour le partage d'expérience.

[93] *Division Technique Générale, chargée du suivi des grands ouvrages, dont les bâtiments réacteurs.*

[94] *EPR Owners Operators Group, composé d'EDF, EDF Energy, TNPJVC et TVO.*

LE PROJET HINKLEY POINT C *UNDERWAY*

Signature de l'accord EDF-CGN

L'accord signé par EDF et CGN, le 21 octobre 2015, prévoit une participation de ce dernier, à hauteur de 33,5 % au projet de construction de deux tranches EPR sur le site britannique de Hinkley Point. Il pose aussi les bases de la poursuite de la coopération avec CGN pour la construction de deux autres tranches sur le site de Sizewell et pour l'adaptation du réacteur chinois de génération 3 Hualong[95] aux exigences de l'autorité de sûreté britannique, en vue de sa construction sur le site de Bradwell.

Lors de mes visites dans les centres d'ingénierie d'EDF SA, on m'a présenté **les adaptations dans l'organisation des équipes du *Responsible designer,*** équipes intégrées ou plateaux dédiés : au CNEN (ECC[96]), au CNEPE, au CEIDRE, à SOFINEL[97]. Le management visuel y est largement utilisé. Ces nouvelles organisations, en favorisant un travail collaboratif entre les acteurs (EDF SA, EDF Energy et les principaux fournisseurs), favorisent le partage des enjeux et simplifient le traitement des interfaces. J'encourage une telle approche, propice à la qualité des études.

Je souligne l'apport précieux de **la prise en compte du REX de Flamanville 3 et de Taishan** dans tous les domaines (sécurité, organisation industrielle, conception, construction, exploitation) en l'adaptant au contexte britannique, en particulier aux demandes de l'autorité de sûreté ONR. J'invite à renforcer encore cette approche, pour la qualité de réalisation des projets.

LE LANCEMENT DU PROJET D'EPR OPTIMISÉ (EPR NM)

Le projet vise à concevoir un réacteur de forte puissance répondant aux exigences de sûreté de la 3e génération, pour préparer le renouvellement du parc français

[95] *Réacteur trois boucles de 1 000 MWe.*

[96] *Engineering Command Centre, responsable du pilotage et de la coordination des activités d'ingénierie du projet HPC.*

[97] *SOciété Française d'INgénierie ELectronucléaire pour l'exportation (bureau d'études EDF SA–AREVA).*

et pour l'exportation. J'ai été impressionné par la **bonne intégration des équipes d'EDF et d'AREVA,** rencontrées sur le plateau commun. Ce projet réunit déjà près de 300 personnes, réparties entre ce plateau et les centres d'ingénierie d'EDF SA et d'AREVA.

Plateau du projet EPR NM

Je note qu'une organisation est en place pour prendre en compte le REX. Afin de garantir une bonne intégration des contraintes d'exploitation (pilotage, inspection en service, maintenance), et parce qu'une installation simple à exploiter et à maintenir est plus sûre, je souligne la nécessité de renforcer, dès la phase actuelle, l'implication d'exploitants expérimentés et à bon niveau dans ce plateau.

Il me paraît aussi nécessaire de tirer profit des expériences de Flamanville 3 et de Taishan pour adopter, dès le début du projet, la meilleure organisation industrielle : gouvernance du projet, place de l'exploitant, allotissement des contrats, association des fournisseurs au projet, pilotage du chantier, etc.

Je note une **évolution significative des méthodes d'ingénierie** qui demande un accompagnement dans les entités métiers et aussi chez les prestataires et le futur exploitant. C'est le cas par exemple de la démarche PLM *(Plant lifecycle management)* qui vise à une meilleure maîtrise par l'exploitant des configurations de l'installation et des exigences associées. Il en est de même du pilotage des marges de sûreté et d'exploitation, engagé dès le début du projet. Je souligne l'intérêt de ces méthodes pour la sûreté.

Les codes et méthodes évoluent aussi, en lien avec l'augmentation de puissance. De plus, de nouvelles exigences, notamment sur les systèmes électriques (*Grid Codes* ENTSOE[98]) sont à prendre en compte. L'ensemble de ces évolutions va demander une instruction approfondie avec l'ASN et son appui technique.

EDF SA va déposer un dossier d'orientation de sûreté (DOS) auprès de l'ASN en 2016. Si une telle démarche me paraît positive, je note le caractère ambitieux du planning industriel envisagé. J'incite en particulier à bien évaluer le volume d'instruction nécessaire pour démontrer la robustesse des principales évolutions par rapport à Flamanville 3 (enceinte, nombre de trains de sûreté, augmentation de puissance) et pour valider le référentiel de sûreté ainsi que les évolutions des codes et méthodes.

[98] *European Network of Transmission System Operators for Electricity.*

MES RECOMMANDATIONS

Pour un meilleur partage des objectifs du projet Flamanville 3, j'encourage les directions de la DPNT et de la DIPNN à **renforcer la coopération entre les équipes du CNPE et celles du chantier** pour terminer les montages, préparer et réaliser les essais de démarrage.

Je recommande **d'intensifier le partage d'expérience entre Flamanville 3 et Taishan**, notamment en développant les détachements opérationnels pendant la préparation et la réalisation des essais de démarrage.

Afin de mieux intégrer le REX de Flamanville 3 et de Taishan **dans le projet EPR NM,** j'invite les directions de la DIPNN et de la DPNT à **chercher dés maintenant a simplifier l'exploitation/maintenance** au bénéfice de la sûreté.

La DIPNN est engagée dans des projets lourds et nombreux, tant pour les nouveaux réacteurs que pour le parc en exploitation. J'attire l'attention sur la **disponibilité des ressources études** dans les centres d'ingénierie ainsi que des **ressources et compétences en matière de pilotage de grands projets.**

12 / PRÉPARER L'AVENIR

Laboratoire des Renardières de la R&D d'EDF

L'étude de réacteurs innovants permet de dégager des pistes pour servir la sûreté nucléaire.

Les actions de la R&D d'EDF développées dans ce domaine, par exemple sur les phénomènes naturels exceptionnels, intéressent aussi les réacteurs en exploitation.

La coopération internationale en R&D nucléaire se développe dans des domaines de plus en plus larges qui nécessitent des expertises de haut niveau.

L'anticipation de l'avenir a d'autant plus d'importance que **l'industrie nucléaire est une industrie de temps long :** le cycle de vie des réacteurs se mesure à l'échelle du siècle, des premières études de conception à la déconstruction.

Dans le Groupe, elle s'appuie en premier lieu sur les **actions de la R&D d'EDF** et concerne autant le parc en exploitation que les futurs réacteurs. Les actions de R&D **bénéficient du retour d'expérience de l'exploitant** et des travaux conduits dans le cadre de **coopérations internationales.** Elles relèvent de la recherche appliquée, directement orientée vers la finalité industrielle et sont complémentaires de celles, plus fondamentales, menées notamment en France au CEA et à l'IRSN. Elles permettent de mieux caractériser les marges de sûreté et de dégager de nouvelles pistes pour les renforcer.

La R&D d'EDF requiert des compétences dédiées et des parcours professionnels croisés avec les entités opérationnelles. Elle est pilotée par une instance spécifique qui programme les actions de recherche **à partir des besoins des directions opérationnelles** d'EDF SA (DIPNN et DPNPT) et d'EDF Energy. Je n'ai pas noté en 2015 d'alerte particulière sur ces différents points. Je porte dans ce chapitre un regard focalisé sur la prise en compte des aléas naturels maritimes, la maîtrise des accidents graves, les futurs combustibles, les déchets et les nouveaux réacteurs.

ANTICIPER LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES

Pour le dimensionnement des installations, je souligne l'importance de la caractérisation du risque d'agression interne (incendie, inondation, etc.) et externe (tornades, séismes, tsunamis, environnement industriel, etc.). Cette caractérisation, nécessaire autant pour le parc en

exploitation que pour les nouveaux réacteurs, prend un relief particulier dans le contexte post-Fukushima.

La prise en compte de l'effet de serre et de ses conséquences impose de revoir la caractérisation du risque maritime et de **s'assurer de l'absence d'effet falaise**[99]. On m'a présenté cette année les travaux engagés sur ce sujet.

Je relève une méthode commune à EDF SA et à EDF Energy pour caractériser cet événement sur les littoraux français et britanniques. Le retour d'expérience des grandes tempêtes nourrit les modèles de simulation numérique. J'ai noté les partenariats externes (IFREMER[100], SHOM[101] et Météo-France) pour consolider les données historiques actuellement en nombre relativement limité.

J'ai visité le centre de Chatou de la R&D d'EDF, qui dispose de maquettes remarquables pour simuler les effets couplés de la houle et du vent sur de grands ouvrages maritimes. Je souligne l'importance de telles expérimentations associées à des simulations numériques.

Maquette d'une station de prise d'eau au laboratoire de la R&D d'EDF à Chatou

LIMITER LES CONSÉQUENCES DES ACCIDENTS GRAVES

La sûreté vise à prévenir les accidents et à en limiter les conséquences. Dans la logique de défense en profondeur, la fusion partielle ou totale du combustible est envisagée : ce sont les scénarios d'accidents graves. Dans ce cas, le corium[102] pourrait percer la cuve et venir au contact du radier[103] du bâtiment réacteur qui constitue la dernière barrière avec l'environnement. Les réacteurs de génération 3 ont été conçus pour étaler, refroidir et confiner le corium grâce à un récupérateur. Ce dernier est issu des expériences menées aux États-Unis depuis les années 1990 (Argonne National Laboratory du DOE[104]) et des simulations numériques réalisées au CEA, à AREVA et à EDF.

Pour les réacteurs de génération 2 du parc existant, les recherches visent à démontrer la possibilité de refroidir le corium afin d'**éviter la percée du radier.** Elles se focalisent sur les transferts thermiques entre le corium et l'eau de refroidissement. Elles portent également sur le phénomène d'explosion de vapeur, susceptible de se produire au contact soudain de l'eau liquide avec le corium et de menacer l'intégrité du bâtiment réacteur. Une telle démonstration conjuguée aux modifications post-Fukushima permettrait d'**atteindre un niveau de sûreté proche de celui de la génération 3.** J'ai bien noté qu'une nouvelle installation est en projet au CEA (PLINIUS II) afin de réaliser, notamment, des essais complémentaires adaptés à la configuration du parc en exploitation. La R&D et le SEPTEN[105] d'EDF y sont étroitement associés, notamment *via* un programme d'essais et de simulations numériques.

L'étape suivante en matière de recherche sur les accidents graves sera d'obtenir une solution pour garantir le maintien du corium en cuve ou *In-vessel retention* (IVR). Cette disposition sera privilégiée pour les nouveaux réacteurs (évoqués *infra).*

LE COMBUSTIBLE DU FUTUR : DÉGAGER DE NOUVELLES MARGES

Le cœur du réacteur, siège de la réaction nucléaire, est le lieu d'où s'évacue la chaleur. Sa modélisation est complexe car elle fait appel à de nombreux domaines de compétences : neutronique, thermo-hydraulique, dynamique des structures et science des matériaux. Elle s'appuie sur des **données expérimentales et des modèles numériques** dont la qualification est un enjeu de sûreté.

Je note les très nombreuses recherches internationales pour définir un combustible performant de type ATF[106] susceptible de retarder la fusion du cœur en situation accidentelle et d'en limiter les conséquences. De nouvelles options sont explorées, par exemple : l'utilisation de céramiques pour la pastille, de matériaux *sandwich* fibrés pour la gaine et de nouvelles formes géométriques pour le combustible. Je souligne le temps nécessaire (plus de dix ans) pour concevoir et qualifier ces nouveaux combustibles.

Les études de combustible nécessitent des **essais en réacteur expérimental.** Après la fermeture du réacteur

[99] *Altération brutale du scénario considéré, que suffit à provoquer une légère modification.*
[100] *Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la MER.*
[101] *Service Hydrographique et Océanographique de la Marine.*
[102] *Mélange de combustible et de gaines fondus, dont la température peut dépasser 2 000 °C.*
[103] *Plate forme sur laquelle repose le bâtiment réacteur.*
[104] *États-Unis Department of Energy.*
[105] *Service d'Etudes et de Projets Thermiques et Nucléaires.*
[106] *Accident Tolerant Fuel.*

français OSIRIS (CEA) en 2015, j'ai noté que des essais se poursuivent dans le réacteur de Halden (Norvège) en attendant le RJH[107] (CEA). Je note également l'importance des boucles d'essais et des laboratoires d'études sur le combustible irradié. Je souligne l'**intérêt de l'Institut tripartite entre AREVA, EDF et le CEA** sur ce sujet.
Plus globalement, j'apprécie la coopération internationale particulièrement nourrie pour les études de R&D sur le combustible ainsi que l'implication des équipes R&D d'EDF et du SEPTEN, notamment dans le cadre de l'OCDE[108] et avec l'EPRI[109].

Travaux de recherche par simulation numérique

UNE SOLUTION DE LONG TERME POUR LES DÉCHETS NUCLÉAIRES

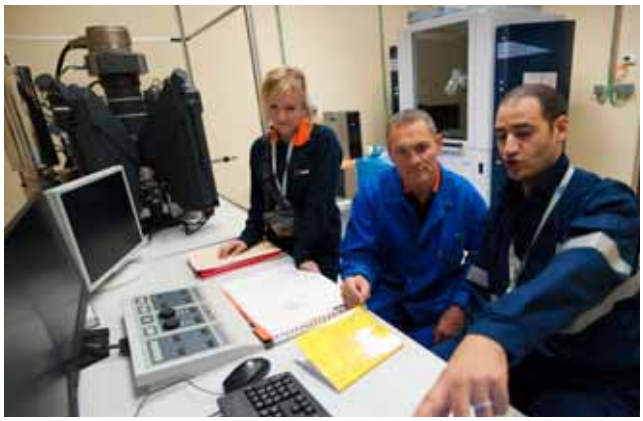
Le futur passe aussi par le traitement ultime des déchets nucléaires à haute activité et vie longue HAVL. Le retraitement et le recyclage du plutonium et de l'uranium de retraitement permettent de diminuer le volume des déchets ultimes. Pour EDF, la solution de référence demeure la fermeture du cycle combustible en « brûlant » le plutonium d'abord sous forme de combustible MOX utilisé dans les REP, puis à terme dans d'autres réacteurs notamment à neutrons rapides évoqués plus loin.
Les déchets HAVL sont séparés et conditionnés dans une matrice de verre (vitrification[110]). Dans l'attente d'un stockage définitif, ils sont gérés et entreposés à l'usine AREVA de La Hague. Pour s'affranchir de toute servitude pour les générations futures, la France a confirmé la pertinence d'une protection par un stockage géologique. Le projet CIGEO de l'ANDRA, destiné à mettre en place une telle protection, vise à **disposer d'une sûreté passive pour le très long terme.**

[107] *Réacteur Jules-Horowitz à Cadarache dont le démarrage est actuellement envisagé vers 2020.*
[108] *Office de Coopération et de Développement Économique.*
[109] *Electric Power Research Institute (États-Unis).*
[110] *À l'image de la vitrification dans la roche des déchets radioactifs des réacteurs nucléaires naturels d'Oklo au Gabon, qui ont fonctionné il y a deux milliards d'années.*

UN REGARD SUR LES NOUVEAUX RÉACTEURS

Au-delà de l'EPR NM

Je note avec intérêt la poursuite, sous le pilotage du SEPTEN, d'études de réacteurs plus innovants se situant au-delà de l'EPR NM, dans la filiation des réacteurs à eau pressurisée de puissance. Mené avec l'aide de la R&D d'EDF et de partenaires, ce projet explore de nouvelles voies ainsi que des techniques disponibles permettant d'apporter de nouvelles marges pour la sûreté et la compétitivité des réacteurs associés.
Je serai attentif à l'émergence et à l'évaluation de nouvelles dispositions susceptibles d'apporter des marges complémentaires, comme la mise à disposition de systèmes composites actifs et passifs pour le refroidissement extrême du cœur, l'injection directe en cuve ou le maintien du corium en cuve. J'estime que cette démarche innovante doit également porter sur la façon d'**associer au plus tôt les enjeux de l'exploitation et de la maintenance à la conception.**



Analyse sur échantillon au LIDEC de Chinon

Les SMR[111] : une solution originale

Depuis plusieurs années, de nombreux projets de petits réacteurs (puissance inférieure à 300 MWe) sont étudiés dans le monde (États-Unis, Argentine, Chine, Russie, Japon, Corée, etc.). En 2015, le gouvernement britannique a fait savoir son intérêt pour ce type de solution. Ces projets proposent des **réacteurs compacts, plus simples à construire et qui s'appuient sur une standardisation poussée.** Ils visent à obtenir un produit suffisamment compétitif et facile à intégrer dans tous les systèmes électriques.
J'indiquais dans mon rapport précédent que la faible puissance de ce type de réacteur permettait d'imaginer des solutions innovantes susceptibles de dégager de

[111] *Small Modular Reactor.*

nouvelles marges de sûreté : maîtrise de la réactivité sans recourir au bore, évacuation de la chaleur résiduelle par système passif notamment.
La compacité de ces réacteurs ne doit pas se traduire par une trop grande complexité en exploitation, que ce soit par des difficultés d'inspectabilité ou de maintenance. À ce titre, j'estime nécessaire, là encore, une implication de l'exploitant dans les études de conception au bénéfice de la sûreté.

Les réacteurs à neutrons rapides

Cette filière permet de **fermer le cycle du combustible** en valorisant toute la ressource fissile et fertile. Les réacteurs à neutrons rapides exploités dans le monde, Beloyarsk 3 & 4 en Russie, Kalpakkam en Inde, CEFR[112] en Chine sont alignés sur un standard de sûreté correspondant à la génération 2.
En France, après les réacteurs Rapsodie, Phénix et Superphénix aujourd'hui arrêtés, le CEA conduit le projet ASTRID auquel EDF est associé. Démonstrateur industriel (600 MWe), il vise à un **niveau de sûreté de quatrième génération.** La participation d'EDF met à disposition du projet son retour d'expérience des premiers réacteurs, notamment pour veiller à la facilité d'exploitation et de maintenance, en particulier aux possibilités d'inspection en service.

Les réacteurs à fusion

Les réacteurs industriels exploités et en projet dans le monde sont tous des réacteurs à fission nucléaire. Le déploiement industriel de réacteurs à fusion se situe à **un horizon de temps très lointain.** De très nombreuses études fondamentales et la mise en service de réacteurs expérimentaux comme celui d'ITER[113] à Cadarache sont encore à mener avant de pouvoir porter un regard d'exploitant sur la sûreté.

[112] *China Experimental Fast Reactor.*
[113] *International Thermonuclear Experimental Reactor.*

13 / L'OUVERTURE SUR LE MONDE

La centrale de Krško

Depuis l'accident de Fukushima, WANO a renforcé la coopération internationale entre exploitants à un moment où de nouveaux pays envisagent d'accéder au nucléaire.

Les visites d'installations nucléaires étrangères enrichissent notre regard et ré-interrogent nos certitudes en observant la déclinaison des mêmes principes de sûreté dans des contextes différents.

En Chine, le démarrage de nombreux réacteurs offre à tous les exploitants, engagés dans des nouveaux projets, une opportunité pour partager les enjeux de sûreté de cette étape sensible.

L'IMPORTANCE ACCRUE DE WANO

L'association mondiale des exploitants du nucléaire WANO a vu le jour en 1989 après la catastrophe nucléaire de Tchernobyl (26 avril 1986), les exploitants nucléaires du monde entier ayant décidé de travailler ensemble pour s'assurer qu'un tel accident ne se reproduise plus. Cette organisation, répartie en quatre centres (Atlanta, Moscou, Paris, Tokyo) s'est donné pour objectif d'améliorer la sûreté nucléaire de ses 130 membres.

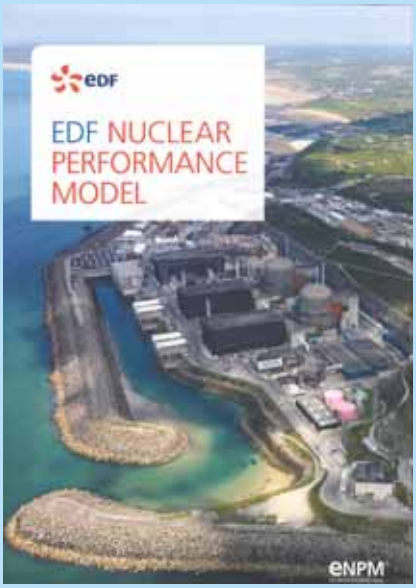
Après l'accident de Fukushima (11 mars 2011), cette association a accru ses ressources et ses compétences pour augmenter encore le niveau de la sûreté des centrales dans le monde. En particulier, l'évaluation des différents sites est renforcée : cotations, AFI[114] mieux ciblés, etc. L'appropriation de la sûreté de conception par l'exploitant est prise en compte, les visites de pairs sont adaptées aux réacteurs en démarrage *(start up peer review).* Avec l'évolution du parc nucléaire chinois, WANO envisage la création d'un cinquième centre.

L'accident de Fukushima l'a rappelé, les acteurs du nucléaire sont interdépendants : un accident grave dans le monde a des conséquences majeures sur tous les exploitants. Cette prise de conscience, de mieux en mieux partagée, prend une acuité particulière avec l'accession en cours ou envisagée de nouveaux pays au nucléaire. Principalement centrées sur la vente de réacteurs, les exportations évoluent maintenant vers l'exploitation[115]. Plus que jamais, **WANO joue un rôle important**

[114] Area For Improvement : axe de progrès proposé par les pairs.

[115] *A l'instar de l'appui russe à l'Iran pour le VVER 1 000 de Bushehr ou des 4 APR 1 400 de Barakah, aux Émirats arabes unis.*

pour aider, dès le départ, ces nouveaux entrants à rejoindre la famille nucléaire et promouvoir une forte culture de sûreté.



EDF Nuclear Performance Model

Pour partager son retour d'expérience de la gestion d'un parc nucléaire, EDF SA propose l'*EDF Nuclear performance model.* Cette solution vise à faciliter, pour un nouvel entrant dans le monde nucléaire, le respect des étapes nécessaires pour bâtir un projet conforme aux standards de performances, à commencer par la sûreté.

Je salue l'**engagement du groupe EDF dans WANO**, à la fois avec le détachement de personnel, en particulier de plus de 50 ingénieurs au centre de Paris, et avec sa participation aux peer reviews. Je note également une meilleure prise en compte des exigences portées par WANO. Ainsi, le taux de respect des SOER progresse, atteignant même une valeur de 94 % à EDF Energy.

À la réunion biennale de WANO j'ai rencontré la communauté nucléaire internationale. J'ai été frappé par son dynamisme et son ouverture, à ma connaissance sans équivalent dans d'autres industries. Au-delà des aspects de concurrence ou de géopolitique, elle favorise la coopération des exploitants nucléaires en faveur de la sûreté.

LA CENTRALE DE GINNA

À l'occasion de la biennale de WANO à Toronto, je me suis rendu dans la centrale américaine de Ginna, choisie pour son âge (45 ans d'exploitation) mais aussi pour apprécier les évolutions depuis la dernière visite de l'IGSNR (2011), en particulier la mise en œuvre des modifications post-Fukushima.

La centrale de Ginna

La centrale nucléaire de Ginna est située près de Rochester, dans l'État de New-York aux États-Unis. Elle est équipée d'un unique réacteur à eau pressurisée de deux boucles, construit par Westinghouse. D'une puissance de 580 MWe, il a été mis en service industriel en 1970 (première divergence 1969). Elle est donc l'une des plus anciennes centrales nucléaires en exploitation dans le monde (plus ancien REP aux États-Unis). Exploitée par la société Exelon, qui en partage la propriété avec le groupe EDF (49,9 %), elle fonctionne sur un cycle de 18 mois et produit environ 4,7 TWh par an. Elle emploie 700 agents auxquels s'ajoutent entre 800 et 1 000 personnes lors des arrêts pour rechargement. Elle dispose d'un stockage à sec pour le combustible usé.

J'ai été marqué par les **bons résultats sûreté** de cette centrale qui a déployé les principes de management promus par Exelon. De plus, son taux de disponibilité est de 97 % en 2014 et n'a jamais été inférieur à 92 % depuis 2000, témoignant de la qualité de l'entretien des installations et de leur fiabilité, gage de sûreté. J'ai noté un bon état des installations.

J'ai aussi apprécié la **qualité du déploiement des modifications post-Fukushima,** alignées sur le référentiel retenu aux États-Unis. Leur mise en œuvre est proche du terrain et pragmatique, sans doute parce que réalisée par une ingénierie locale et avec de bons échanges avec l'autorité de sûreté (NRC). La centrale a ainsi, en complément de la mise en place de matériels mobiles, renforcé la capacité de refroidissement et d'injection aux joints de pompes primaires par des moyens fixes.

Pourtant, malgré sa modernisation, ses bons résultats, son **autorisation de fonctionner jusqu'en 2029** (60 ans) et sa bonne acceptation par la population locale, cette centrale est **menacée de fermeture**. À l'image d'autres sites aux États-Unis (Oyster Creek, Fitzpatrick et Pilgrim), elle pourrait fermer **pour des raisons économiques**, le prix bas du gaz tirant le marché de l'électricité à la baisse. Elle a pourtant une exploitation optimisée mais, du fait de sa faible puissance, le poids des frais fixes est lourd et elle parvient difficilement à s'aligner sur la baisse des

prix de l'électricité. Dans ce contexte pourtant difficile, j'ai observé une exploitation professionnelle et une poursuite des investissements pour continuer à améliorer le niveau de sûreté des installations.

VISITE À KRŠKO

En allant à la centrale de Krško, je voulais évaluer comment un exploitant isolé (un seul réacteur) faisait face aux modifications consécutives à l'accident de Fukushima.

Opérateur à la centrale de Krško

La centrale nucléaire de Krško, la seule en Slovénie, est située sur la Save, affluent du Danube, à 78 km à l'est de Ljubljana et à environ 10 km de la frontière avec la Croatie. Sa construction a été décidée dans les années 1970, du temps de l'ex-Yougoslavie. Elle est détenue à parts égales par la Slovénie et la Croatie. Elle est équipée d'un réacteur à eau pressurisée (REP) de deux boucles, construit par Westinghouse. Sa puissance est de 727 MWe (brut). La centrale a été mise en service en 1983 pour une durée de 40 ans. Elle fournit environ 6 TWh par an (en 2014).

J'ai observé le **bon entretien des installations.** De nombreux matériels neufs sont en place, témoignant d'un programme de maintenance lui aussi sérieux, comme en attestent les investissements réalisés sur les alimentations électriques (transformateur et poste haute tension remplacés). Tout cela permet à cette centrale d'envisager sa prolongation à 60 ans, en cours d'instruction lors de ma visite.

On m'a en particulier expliqué une **approche PSR *Periodic safety review* de bonne qualité**, menée *via* un échange nourri et constructif avec l'autorité de sûreté slovène (SNSA[116]). Elle conduit à proposer plusieurs dossiers de modifications pour renforcer la sûreté de ce réacteur (par exemple : révision des capteurs de température primaire, renforcement du système de détection et de protection incendie).

[116] *Slovenian Nuclear Safety Administration.*

Après l'accident de Fukushima, la centrale de Krško a engagé un travail approfondi qui s'apparente à celui d'EDF SA. Bien en ligne avec les préconisations de l'ENSREG[117], il conduit, comme pour les centrales françaises, à des réponses graduées dans le temps, immédiates ou à moyen terme, mais devant être réalisées avant fin 2018. On peut citer : la mise en place des recombineurs autocatalytiques, l'adoption d'un filtre à sec pour le système de dépressurisation du bâtiment réacteur, l'équivalent d'un diesel d'ultime secours.

J'ai été marqué, comme pour la centrale de Ginna, par la capacité à réaliser un travail à la fois en profondeur et proche du terrain, qui me semble liée à deux paramètres : **une ingénierie robuste** sur le site et **des échanges de qualité avec l'autorité de sûreté.** Ce dialogue prend en compte aussi bien les standards européens que la réalité du terrain. J'ai aussi noté la culture d'ouverture du site bien maillé avec WANO et l'INPO.

La direction m'a également fait part de difficultés face à des exigences de plus en plus fortes. Pour un exploitant isolé, il n'est pas simple de peser dans les débats portant sur l'évolution de la réglementation, ni de déployer des réponses avec le même niveau d'ambition qu'un opérateur de la taille d'EDF SA. La direction a souligné le rôle référent d'EDF SA en Europe et l'a appelé à tenir compte des situations des petits exploitants, en particulier dans ses prises de position.

Aperçu des centrales russes

Deuxième exploitant mondial en 2015, Rosenergoatom exploite, sur dix sites, 36 réacteurs de quatre types :

- 11 RBMK, réacteurs graphite/eau,
- 4 EGP, des petits réacteurs de 12 MWe issus des RBMK,
- 19 VVER[1], réacteurs à eau pressurisée,
- 1 BN 600 (1980) et 1 BN 800 (2015), réacteurs à neutrons rapides.

Les VVER ont aussi été beaucoup exportés (environ 35 réacteurs).

6 réacteurs sont en cours de construction en Russie :

- 1 VVER 1 000 MWe de génération 2+ à Rostov,
- 2 VVER 1 200 MW à Novovoronej, 2 à Léningrad et 1 à Baltic de génération 3.

Ces derniers réacteurs font aussi l'objet de nombreux projets à l'exportation.

[1] *Vodo Vodensi Energetiketsky Reactore.*

[117] *European Nuclear Safety Regulators Group.*

PARTENARIAT AVEC REA

EDF SA et l'exploitant russe Rosenergoatom (REA) entretiennent un partenariat depuis 1994. Dans ce cadre, un programme d'échanges se poursuit entre les inspecteurs généraux sûreté des deux sociétés. Tenus cette année en France, les échanges ont donné lieu à une visite du chantier de l'EPR de Flamanville 3. Un thème a particulièrement retenu l'attention de l'inspecteur général sûreté russe : le management de la sécurité sur un grand chantier de construction. En effet, Rosatom, maison-mère de REA, est architecte ensemblier comme EDF SA et construit de nombreux nouveaux réacteurs, y compris à l'export où elle est très active. Les échanges se poursuivront entre spécialistes en 2016.

APERÇU DU NUCLÉAIRE CHINOIS

Les débuts du nucléaire chinois remontent aux années 1970. Il s'est principalement construit par assimilation de technologies étrangères (France, Russie, Canada). La première centrale de conception chinoise, Quinshan I, démarre en 1994. Daya Bay 1 et 2, mises en service aussi en 1994, illustrent la coopération ancienne avec la France. Dans les années 2000, démarrent à la fois des réacteurs chinois, des réacteurs issus du palier 900 MWe français, des VVER russes et des Candu canadiens.

En 2000, face à la forte demande en électricité, une accélération et une rationalisation du programme sont décidées. Hormis deux nouveaux VVER et un démonstrateur HTRG[118], tous les réacteurs sont des REP[119] chinois de 1 000 MWe, dérivés du REP 900 MWe français, et sont construits selon une organisation proche de celle adoptée pour le parc français : standardisation et logique d'exploitant architecte ensemblier. L'accident de Fukushima a freiné leur déploiement et conduit, pour les moins avancés, à quelques évolutions de design. C'est ainsi que 28 réacteurs de ce type sont actuellement en exploitation ou en construction avec quatre à six démarrages par an. Le développement du nucléaire s'appuie sur plusieurs compagnies dont deux principales : CNNC[120] et CGN.

Depuis 2004, le pays se prépare à passer aux réacteurs de génération 3, en important et en assimilant les diverses technologies disponibles sur le marché (AP 1 000 de Westinghouse, EPR français, AES 2006 russe) puis en développant sa propre technologie : CAP 1 400 et Hualong de 1 000 MWe. Ainsi 4 AP 1 000 sont en construction à Sanmen (CNNC) et à Haiyang (CPI[121]), 2 EPR à Taishan (TNPJVC[122]) et un premier Hualong à Fuqing (CNNC).

Fin 2015, le parc nucléaire chinois compte plus de 50 réacteurs dont plus de la moitié en exploitation (cf. carte). Le nucléaire ne représente qu'une part minoritaire de la production d'électricité (environ 3 %), loin derrière l'hydraulique (plus de 20 %) et surtout le thermique à base de charbon (plus de 70 %). Au rythme actuel des constructions, le parc nucléaire chinois devrait être le deuxième mondial vers 2020 puis le premier dans la décennie suivante.

La Chine est également active sur l'ensemble du cycle nucléaire : construction, maintenance, combustible, transports, déchets. Elle s'est en particulier dotée d'une industrie lourde et maîtrise le processus de construction de ses centrales. Actuellement, elle fait son entrée sur le marché du nucléaire à l'export, notamment au Royaume-Uni. Elle recherche également à boucler le cycle du combustible, en se dotant d'une industrie du retraitement du combustible et du réacteur expérimental à neutrons rapides CEFR.

La carte des centrales chinoises

Je me suis rendu en Chine, d'abord à Pékin où j'ai rencontré l'Autorité de sûreté (NNSA) et les équipes d'EDF SA sur place ainsi que le service nucléaire de l'Ambassade de France. J'ai ainsi pu disposer d'une bonne vision du développement du nucléaire dans ce pays et percevoir les enjeux, en particulier ceux d'acceptabilité du nucléaire (toutes les centrales nucléaires sont aujourd'hui en bord de mer). J'ai aussi constaté l'ambition des Chinois en matière de nucléaire aussi bien nationale qu'internationale. Je me suis ensuite rendu sur le chantier des deux EPR de Taishan (cf. chapitre 11).

Comme EDF dans les années 80, la Chine met en service chaque année de nombreux réacteurs et dispose d'un solide savoir-faire propice à une coopération fructueuse entre exploitants.

[118] *Réacteur à Haute Température et combustible du type boulet, de technologie allemande.*

[119] *CPR 1000 pour CGN et M310+ pour CNNC, réacteurs de génération 2.*

[120] *CNNC : China National Nuclear Corporation. Opérateur national historique.*

[121] *China Power Investment corporation.*

[122] *Joint-venture entre CGN (51%), EDF (30 %) et Guandong Guoha Yuedian Taïshan power company (19 %).*

14 / ANNEXES

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

N°	Indicateurs	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
1	Nombre d'événements significatifs pour la sûreté classés dans l'échelle INES (1 et plus), par réacteur[1]	1,22	0,80	1,15	1,17	1,17	0,91	1,55	1,19	1,14	1,16
2	Nombre d'événements significatifs pour la sûreté (INES 0 et plus), par réacteur[1]	10,21	10,80	10,34	10,93	10,45	10,57	11,90	11,60	10,8	10,03
3	Nombre de cas de non-conformité aux STE, par réacteur	1,55	1,70	1,70	1,39	1,55	1,36	1,52	1,34	1,55	1,24
4	Nombre d'erreurs de lignage[2], par réacteur	0,69	0,57	0,62	0,53	0,77	0,71	0,70	0,66	0,60	1,03
5	Nombre d'arrêts du réacteur, par réacteur (et pour 7 000 heures de criticité[3]) • Automatiques • Manuels	 0,89 0	 0,87 0	 0,51 0	 0,71 0	 0,69 0,01	 0,50 0,05	 0,55 0,03	 0,59 0,03	 0,53 0,07	 0,66 0
6	Dose opérationnelle collective moyenne, par tranche en service (en hSv)	0,69	0,63	0,66	0,69	0,62	0,71	0,67	0,79	0,72	0,71
7	Dosimétrie individuelle : • Nombre de personnes dont la dose est supérieure à 20 mSv • Nombre de personnes entre 16 et 20 mSv • Nombre de personnes entre 14 et 16 mSv	 0 17 -	 0 20 -	 0 14 -	 0 10 -	 0 3 60	 0 2 43	 0 2 22	 0 0 18	 0 0 5	 0 0 2
8	Nombre d'événements significatifs pour la radioprotection	112	99	107	102	91	92	114	116	113	109
9	Disponibilité (%)	83,6	80,2	79,2	78,0	78,5	80,7	79,7	78,0	80,9	80,76
10	Indisponibilité fortuite (%)	3,3	3,7	4,4	4,6	5,2	2,2	2,8	2,6	2,4	2,48
11	Taux de fréquence des accidents du travail avec arrêt (pour 1 million d'heures travaillées) (Tf) [4]	5,6	4,6	4,4	4,3	4,1	3,9	3,5	3,3	3,2	2,7

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.*

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

N°	Indicateurs	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
1	Nombre d'événements classés dans l'échelle INES (1 et plus), par réacteur	3,13	1,20	1,13	0,80	0,93	1,33	0,80	0,80	0,33	0,47
2	Nombre d'événements sûreté dans l'échelle INES (0 et plus) par réacteur	7,53	4,93	4,53	5,47	5,60	4,7	4,6	5,1	4,5	7,40
3	Nombre de cas de non-conformité aux STE, par réacteur	0,73	0,13	0,27	0,13	0,60	0,33	1,67	0,67	1,53	1.00
4	Nombre d'erreurs de lignage, par réacteur	0,69	0,13	0,27	0,13	0,60	0,33	3,07	3,33	2,80	2,87
5	Nombre d'arrêts du réacteur, par réacteur non-programmés, par réacteur (et pour 7 000 heures de criticité)										
	• Automatiques	0,73	0,44	1,13	0,82	0,58	0,74	0,64	0,45	1,17	0,57
	• Manuels	2,54	1,48	1,04	1,44	1,68	1,22	0,84	1,03	0,62	0,19
6	Dose opérationnelle collective moyenne, par tranche en service (en hSv)										
	• PWR	0,524	0,045	0,264	0,337	0,271	0,537	0,037	0,386	0,365	0,048
	• AGR	0,152	0,071	0,167	0,100	0,018	0,084	0,063	0,034	0,074	0,067
7	Dosimétrie individuelle :										
	• Nombre de personnes dont la dose est supérieure à 20 mSv	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	• Nombre de personnes dont la dose est supérieure à 15 mSv	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	Nombre d'événements significatifs pour la radioprotection	249	58	38	31	43	43	50	27	27	18
9	Disponibilité (%) :										
	• Parc EDF Energy	66,1	62,8	51,2	71,0	65,7	72,0	78,0	78,9	72,1	77,30
	• PWR	85,3	98,4	89,2	87,4	45,6	82,5	89,2	83,0	84,1	100
	• AGR	64,7	60,2	48,5	69,8	67,1	71,3	76,3	78,2	70,2	73,7
10	Indisponibilité fortuite (%)										
	• Parc EDF Energy	17,0	20,3	20,4	13,2	19,6	13,0	8,9	6,9	10,7	2,3
	• PWR	0,3	0,4	2,1	0,9	54,3	3,4	9,9	0,2	0,7	0
	• AGR	18,2	21,7	21,8	14,0	17,1	13,7	8,7	7,9	12,3	2,7
11	Taux de fréquence des accidents du travail avec arrêt (pour 1 million d'heures travaillées) (Tf) [1]	1,1	1,4	1,8	0,6	0,4	0,6	0,5	0,2	0,2	0,4

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 :

- **Ligne 2 :** le mode de déclaration des événements à l'autorité de sûreté du Royaume-Uni **a évolué en 2015** conduisant à déclarer plus d'événements qu'auparavant..
- **Lignes 3, 4 et 8 :** 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 6 :** 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 de 10 fois moins-dosants (référence WANO).

14.3 - LES CENTRALES NUCLÉAIRES D'EDF SA

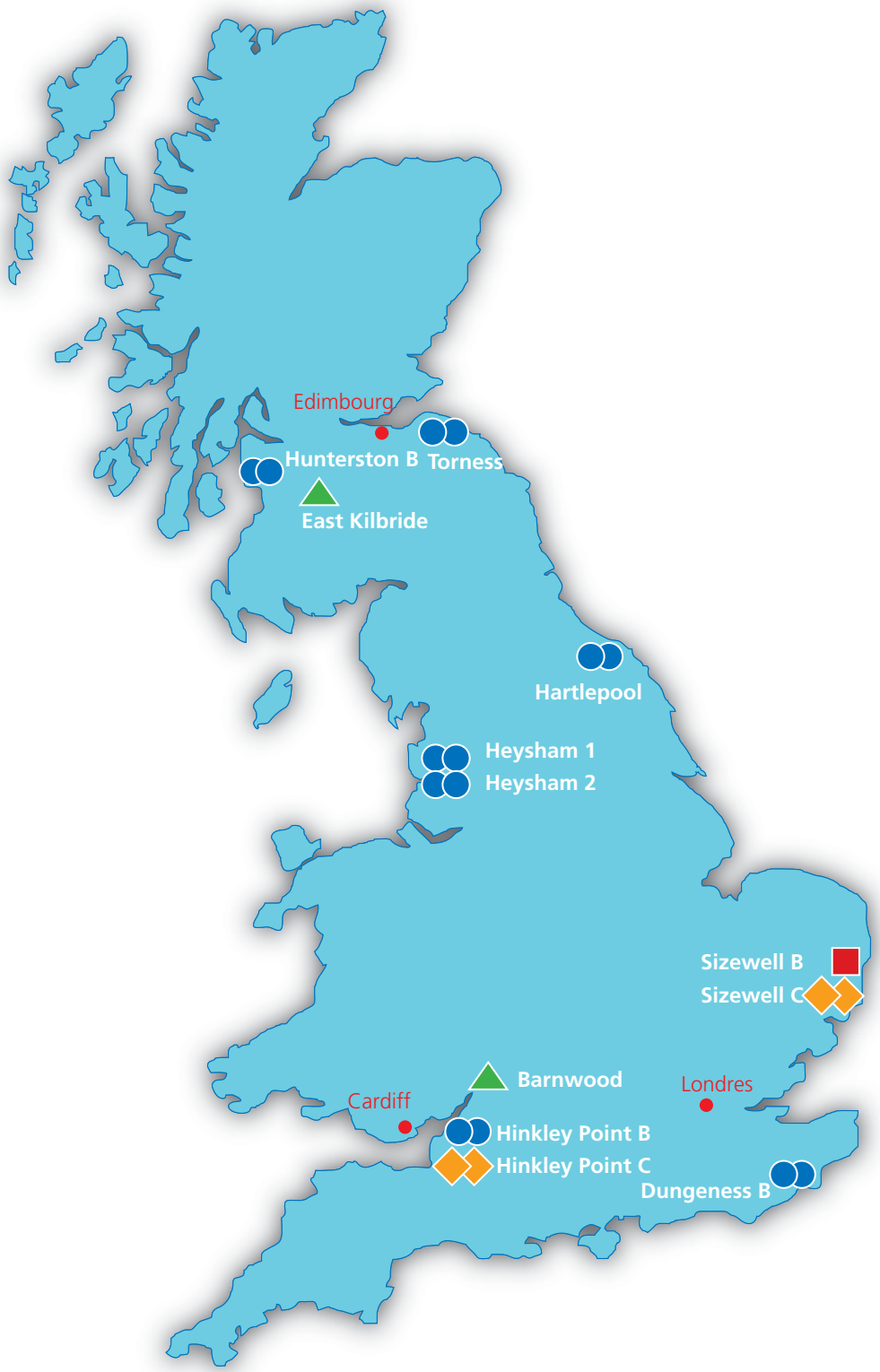
Refroidissement en circuit fermé

Refroidissement en circuit ouvert

RNR : Réacteur à Neutrons Rapides
UNGG : Uranium Naturel Graphite Gaz
EL : Eau Lourde

Nombre par type	Réacteurs à Eau Pressurisée					UNGG	EL	RNR
	300 MWe	900 MWe	1300 MWe	1450 MWe	1600 MWe (EPR)			
Construction ou Projet					1			
Exploitation		34	20	4				
Déconstruction	1					6	1	1

14.4 - 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

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

Année Mise en Service	Unité de Production	Puissance en MWe*	VD1	VD2	VD3
1977	Fessenheim 1	880	1989	1999	2009
1977	Fessenheim 2	880	1990	2000	2011
1978	Bugey 2	910	1989	2000	2010
1978	Bugey 3	910	1991	2002	2013
1979	Bugey 4	880	1990	2001	2011
1979	Bugey 5	880	1991	2001	2011
1980	Dampierre 1	890	1990	2000	2011
1980	Dampierre 2	890	1991	2002	2012
1980	Gravelines 1	910	1990	2001	2011
1980	Gravelines 2	910	1991	2002	2013
1980	Gravelines 3	910	1992	2001	2012
1980	Tricastin 1	915	1990	1998	2009
1980	Tricastin 2	915	1991	2000	2011
1980	Tricastin 3	915	1992	2001	2012
1981	Blayais 1	910	1992	2002	2012
1981	Dampierre 3	890	1992	2003	2013
1981	Dampierre 4	890	1993	2004	2014
1981	Gravelines 4	910	1992	2003	2014
1981	St-Laurent B1	915	1995	2005	2015
1981	St-Laurent B2	915	1993	2003	2013
1981	Tricastin 4	915	1992	2004	2014
1982	Blayais 2	910	1993	2003	2013
1982	Chinon B1	905	1994	2003	2013
1983	Blayais 3	910	1994	2004	2015
1983	Blayais 4	910	1995	2005	2015
1983	Chinon B2	905	1996	2006	-
1983	Cruas 1	915	1995	2005	2015
1984	Cruas 2	915	1997	2007	-
1984	Cruas 3	915	1994	2004	2014
1984	Cruas 4	915	1996	2006	-
1984	Gravelines 5	910	1996	2006	-
1984	Paluel 1	1330	1996	2006	-
1984	Paluel 2	1330	1995	2005	2015
1985	Flamanville 1	1330	1997	2008	-
1985	Gravelines 6	910	1997	2007	-
1985	Paluel 3	1330	1997	2007	-
1985	St-Alban 1	1335	1997	2007	-
1986	Cattenom 1	1300	1997	2006	-
1986	Chinon B3	905	1999	2009	-
1986	Flamanville 2	1330	1998	2008	-
1986	Paluel 4	1330	1998	2008	-
1986	St-Alban 2	1335	1998	2008	-
1987	Belleville 1	1310	1999	2010	-
1987	Cattenom 2	1300	1998	2008	-
1987	Chinon B4	905	2000	2010	-
1987	Nogent 1	1310	1998	2009	-
1988	Belleville 2	1310	1999	2009-	-
1988	Nogent 2	1310	1999	2010	-
1990	Cattenom 3	1300	2001	2011	-
1990	Golfech 1	1310	2001	2012	-
1990	Penly 1	1330	2002	2011	-
1991	Cattenom 4	1300	2003	2013	-
1992	Penly 2	1330	2004	2014	-
1993	Golfech 2	1310	2004	2014	-
1996	Chooz B1	1500	2010	-	-
1997	Chooz B2	1500	2009	-	-
1997	Civaux 1	1495	2011	-	-
1999	Civaux 2	1495	2012	-	-

VD1 : 1re visite décennale
VD2 : 2e visite décennale
VD3 : 3e visite décennale

(*) Puissance Continue Nette (PCN)

14.6 - 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	480	2023
1976	Hinkley Point B	R4	475	2023
1976	Hunterston B	R3	480	2023
1976	Hunterston B	R4	485	2023
1983	Dungeness B	R21	525	2028
1983	Dungeness B	R22	525	2028
1983	Heysham 1	R1	580	2019
1983	Heysham 1	R2	575	2019
1983	Hartlepool	R1	595	2019
1983	Hartlepool	R2	585	2019
1988	Heysham 2	R7	615	2023
1988	Heysham 2	R8	615	2023
1988	Torness	R1	590	2023
1988	Torness	R2	595	2023
1995	Sizewell B		1198	2035

(1) RUP (Reference Unit Power) : Puissance électrique de référence de l'unité de production déclarée par EDF Energy dans les transactions journalières fin 2014.

(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 20 janvier 2015.

14.7 - TABLE DES ABRÉVIATIONS

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 Acheavable
AMELIE	Projet visant à transformer la logistique des pièces de rechange
AMI	Atelier des Matériaux Irradiés.
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

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 General Nuclear Power Corporation (Chine)
CIPR	Commission International de Protection Radiologique
CLI	Commission Locale d'Information
CNEN	Centre National d'Équipement Nucléaire
CNEPE	Centre National d'Équipement de Production d'Électricité
CNPE	Centre Nucléaire de Production d'Électricité
COLIMO	Projet visant à moderniser les pratiques et méthodes de consignation et lignage
COMSAT	COMmission Sûreté en Arrêt de Tranche
COPAT	Centre Opérationnel de Pilotage des Arrêts de Tranche
CRT	Comité des Référentiels Techniques
CSN	Conseil de Sûreté Nucléaire
CSNE	Comité Sûreté Nucléaire en Exploitation (DPN)

D

DAIP	Division Appui Industriel à la Production
DCN	Division Combustible Nucléaire
DIPDE	Division de l'Ingénierie du Parc, de la Déconstruction et de l'Environnement
DIPNN	Direction de l'Ingénierie et des Projets du Nouveau Nucléaire
DMES	Dossier de Mise En Service
DPDD	Direction des Projets Déconstruction et Déchets
DPNT	Direction du Parc Nucléaire et Thermique.
DOE	Department Of Energy (États-Unis)
DPN	Division Production Nucléaire
DRS	Directoire des Réexamens de Sûreté.
DTG	Division Technique Générale

E

EIPS	Équipement d'Intérêt Protégé pour la Sûreté
EGE	Évaluation Globale d'Excellence
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
EVEREST	Évoluer VERs une Entrée Sans Tenue universelle (Projet de reconquête de la propreté radiologique)
ENSREG	European Nuclear Safety Regulators Group
EXELON	Compagnie d'électricité (États-Unis)

F

FIS	Filière Indépendante de Sûreté.
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

IN	Inspection Nucléaire (DPN)
INA	Independent Nuclear Assurance (ex. SRD, EDF Energy)
INB	Installation Nucléaire de Base
INES	International Nuclear Events Scale
INPO	Institute of Nuclear Power Operators (États-Unis)
INSAG	International Nuclear Safety Group (AIEA)
IOP	Ingénierie OPérationnelle
IRAS	Ingénieur chargé des Relations avec l'ASN (CNPE)

J

JANSI	JApan Nuclear Safety Institute
JNES	Japan Nuclear Energy Safety organisation

L

LLS	Turboalternateur d'ultime secours
LWRS	Light Water Reactor Sustainability Program

M

MAE	Mission d'Audit et d'Évaluation de la DIPNN
MARN	Mission d'Appui à la gestion des Risques Nucléaires
MDEP	Multinational Design Evaluation Program
MOPIA	Mettre en Œuvre une Politique Industrielle Attractive
MME	Méthodes de Maintenance et d'Exploitation
MPL	Manager de Première Ligne
MQME	Projet visant à améliorer la qualité de maintenance et d'exploitation (DPN)

N

NCC	Noyau de Cohérence des métiers de Conduite
NCME	Noyau de Cohérence des métiers de Maintenance en Exploitation
NDA	Nuclear Decommissioning Authority (Royaume-Uni)
NEI	Nuclear Energy Institute (États-Unis)
NIO	Nuclear Independant Oversight (SRD / EDF Energy)
NNB	Nuclear New Build (EDF Energy)
NNSA	National Nuclear Security 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)

O

O2EI	Obtenir un État Exemplaire des Installations (projet de la DPN)
OIU	Organisme Interne de l'Utilisateur
ONR	Office of Nuclear Regulation (Royaume-Uni)
OSART	Operational Safety Analysis Review Team (AIEA)

P

PARTNER	PARc Tertiaire Nucléaire Eco-Rénové
PBMP	Programme de Base de Maintenance Préventive
PDCC	Plan de Développement de la Compétence Clé ingénierie nucléaire
PGAC	Prestations Générales d'Assistance aux Chantiers
PHPM	Projet d'Harmonisation des Pratiques et des Méthodes
PUI	Plan d'Urgence Interne

R

RCE	Projet visant à renforcer la capacité des études (SEPTEN)
RCP	Circuit primaire principal
RCV	Circuit auxiliaire de contrôle volumétrique et chimique du circuit primaire principal
R&D	Direction Recherche et Développement
REB	Réacteur à Eau Bouillante
RIS	Injection d'eau de secours pour assurer le refroidissement du réacteur
REP	Réacteur à Eau Pressurisée
RET	Régime Exceptionnel de Travaux
REX	Retour d'EXpérience
RGV	Remplacement des générateurs de vapeur
ROSATOM	Agence fédérale de l'énergie atomique russe
RPN	Instrumentation de mesure de la puissance nucléaire du réacteur
RTE	Réseau de Transport d'Électricité
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
RTGV	Rupture de Tube de Générateur de Vapeur

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'Études et de Projets Thermiques et Nucléaire (DIPNN)
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-Jacques LÉTALON, Bernard MAILLARD, Jean-Paul COMBÉMOREL *Jean-Michel FOURMENT, François de LASTIC, John MORRISON*

Mike LAVELLE, Bernard MAILLARD, François de LASTIC, François HÉDIN, Jean-Jacques LÉTALON, Jean-Michel FOURMENT, Jean-Paul COMBÉMOREL

CRÉDITS PHOTOGRAPHIQUES

Couverture : © Monty Rakusen's Studio - Anthony Rakusen
Chapitre 1 : © EDF Mediathéque -
Chapitre 2 : © EDF Médiathèque -
Chapitre 3 : © EDF Médiathèque -
Chapitre 4 : © EDF Médiathèque - Bruno CONTY
Chapitre 5 : © EDF Médiathèque - Cyril CRESPEAU
Chapitre 6 : © EDF Médiathèque -
Chapitre 7 : © EDF Médiathèque - Bruno GAVARD
Chapitre 8 : © EDF Médiathèque - Laurent VAUTRIN
Chapitre 9 : © EDF Médiathèque - Olivier GUERRIN
Chapitre 10 : © EDF Médiathèque - Marc DIDIER
Chapitre 11 : © Centrale de Taishan
Chapitre 12 : © EDF Médiathèque - Philippe ERANIAN
Chapitre 13 : © Centrale de Krško

E.D.F.
Présidence IGSN
Bureau : 33 avenue de Wagram
Courrier : 22-30 avenue de Wagram
75008 Paris
✆ : +33 (0)1 40 42 25 20

www.edf.com