

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

2021



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, dans ses filiales et chez les prestataires, apportent leur contribution à la sûreté nucléaire et à la radioprotection, de la conception au démantèlement.

Dans l'esprit d'information et de transparence de ma lettre de mission, ce rapport, dont la concision ne permet pas l'exhaustivité, met surtout l'accent sur ce qui reste perfectible.

« Priorité absolue », comme qualifiée dans la Politique sûreté nucléaire d'EDF, la sûreté nucléaire est la condition pour fournir une énergie pilotable et décarbonée. Par la qualité de conception des installations et la rigueur d'exploitation du personnel motivé et compétent, c'est une œuvre commune de tous les instants. Mon rôle est de déceler les signaux précurseurs qui pourraient lui nuire, de susciter la réflexion et de suggérer des pistes pour qu'elle progresse encore.

La qualité et la pertinence de ce rapport, fruit d'un travail d'équipe, reposent sur la richesse des échanges avec les personnes rencontrées, en France et au Royaume-Uni. La lucidité des constats, la transparence des appréciations de situation, la franchise des attentes et des interrogations témoignent de l'esprit de la culture de sûreté qui règne dans le Groupe. Les entretiens avec les responsables du dialogue social, des commissions locales d'information, des prestataires, du corps médical et des instances indépendantes de sûreté ont aussi été d'un grand apport.

Comme en 2020, les restrictions de circulation imposées par la pandémie Covid-19 ont perturbé l'agenda des visites mais les conditions sanitaires ont permis de nous rendre sur le terrain, sans nuire à la rigueur des organisations mises en place.

Pour mon premier exercice, je tiens à rendre hommage à mon prédécesseur, François de Lastic, qui pendant sept années a dirigé l'IGSNR avec deux convictions : exigence et transparence.

Je voudrais également remercier Jean-Michel Fourment, Stephen Preece, Bertrand de L'Épinois et Jean-Paul Joly, qui n'ont pas ménagé leurs efforts lors de la rédaction de ce rapport et m'ont été précieux par leurs conseils. J'ajoute une mention particulière pour les deux premiers qui achèvent leur mandat à l'IGSNR. Le chapitre consacré à Framatome est rédigé par son inspecteur général, Alain Payement.

Les plans de transition énergétique français et britannique consacrent la filière nucléaire comme technologie d'avenir pour relever le défi de la lutte contre le changement climatique, avec la volonté d'améliorer la sûreté tout en baissant les coûts. Ce rapport annuel, dans la continuité de ceux qui l'ont précédé, tente d'apporter une contribution à ce grand chantier pour nos pays, mobilisateur pour le personnel, offrant des perspectives pour attirer les talents indispensables à la sûreté nucléaire, en exploitation, dans l'ingénierie comme dans les projets et dans l'innovation.

Ce document est 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,**



**Amiral (2S) Jean Casabianca
Paris, le 7 janvier 2022**

Sommaire

Mon regard	7
1 La sûreté en exploitation : des résultats contrastés	15
2 Priorité aux compétences, à la responsabilité et à l'encadrement de terrain	19
3 Sécurité et radioprotection : exiger un comportement exemplaire	25
4 Mieux appuyer les sites aux performances en baisse	29
5 Les fondamentaux de la conduite : un standard qui s'impose	35
6 Chimie : des compétences à mieux exploiter	41
7 L'alimentation électrique, système nerveux du réacteur	47
8 Relever les défis du renouvellement des parcs	53
9 Le rapport de l'Inspection générale de Framatome	59
Annexes	65



Projet d'EPR 2 à Penly

Mon regard

UNE ANNÉE 2021 SINGULIÈRE

Si la crise sanitaire provoquée par la Covid-19 a confirmé les faiblesses structurelles et les vulnérabilités de nos sociétés, les centres nucléaires français et britanniques de production d'électricité du groupe EDF ont garanti l'équilibre énergétique des deux pays. Des deux côtés de la Manche, le Groupe a satisfait, en sûreté, plus de 70 % de la demande en électricité de la France et 20 % de celle du Royaume-Uni et il a exporté vers les pays voisins une partie de sa production. Dans ces circonstances exceptionnelles, l'énergie nucléaire, pilotable et décarbonée, n'a pas failli.

Les programmes d'arrêts pour maintenance ont intégré les reports de l'année 2020, provoqués par les mesures sanitaires. Quoique perfectible, le nombre d'arrêts intempestifs est resté limité. Les organisations mises en place dans les unités de production et les centres d'ingénierie du Groupe, dans ses filiales ou chez ses prestataires, ont permis de continuer à produire tout en adaptant les modes de fonctionnement aux mesures sanitaires. Après des résultats globaux de sûreté de bonne facture en 2020, ceux de l'année 2021 marquent le pas, tout en progressant par rapport aux années antérieures. Les deux parcs ont été confrontés, après l'été, à une série d'événements qui appellent à renforcer la vigilance et la rigueur en exploitation (*cf. chapitre 1*).

L'économie est repartie après une stagnation de l'activité. La demande d'énergie, électricité et gaz notamment, déjoue les prévisions et croît plus vite que la capacité des pays producteurs à y répondre. La montée en puissance des énergies renouvelables ne suffit pas non plus à satisfaire la demande mondiale. En Europe, un été moins venteux a ralenti la production éolienne. En Chine, des précipitations moindres ont entraîné une baisse de la production hydroélectrique.

En 2021, la Chine, au 3^e rang mondial par le nombre de ses réacteurs (décuplé durant les vingt dernières années), a produit plus d'électricité d'origine nucléaire que la France. Au plan mondial, le programme chinois de construction de quatorze réacteurs (1^{er} rang mondial) compense largement le démantèlement de centrales occidentales. Les déclarations chinoises, lors de la COP26 en novembre 2021, prolongent les objectifs du 14^e plan quinquennal, en prévoyant sur quinze ans un investissement de 440 milliards de dollars dans la construction de 150 réacteurs.

Aux États-Unis, EDF a cédé ses parts dans les cinq réacteurs de Constellation Energy Nuclear Group. Je m'attacherai à garder une relation étroite avec les instances de sûreté et les exploitants du 1^{er} pays producteur de la filière ainsi qu'avec ceux de la Chine et de la Russie.

En Europe, l'EPR finlandais d'Olkiluoto, premier réacteur européen de génération 3, a démarré en décembre 2021. Après la crise sanitaire, la reprise économique est contrariée par une pénurie énergétique qui contraint les pays à recourir massivement aux énergies carbonées (gaz et charbon), au détriment de leurs objectifs environnementaux. Le choix historique français d'une filière nucléaire démontre une nouvelle fois sa pertinence. Système énergétique des plus surveillés, il répond en permanence, en circonstances normales ou exceptionnelles, à trois impératifs de sûreté :

- maîtriser la réaction en chaîne ;
- évacuer la puissance, dont la puissance résiduelle après l'arrêt ;
- confiner les matières radioactives.

L'AMÉLIORATION DE LA SÛRETÉ, DIX ANS APRÈS FUKUSHIMA

Deux fonctions de sûreté ont été particulièrement mises en défaut à Fukushima : l'évacuation de la puissance résiduelle et le confinement. Et, comme lors des autres accidents, l'importance des facteurs organisationnels et humains a été mise en évidence. Les opérateurs et les équipes de crise ont été placés dans une situation imprévue et complexe, privés de représentation réelle des installations, sans procédures ni entraînement adaptés.

L'ÉVACUATION DE LA PUISSANCE RÉSIDUELLE : DES PROGRÈS MAJEURS

L'accident de Fukushima a rappelé la nécessité de bien évaluer les risques d'aléas naturels, notamment les événements climatiques, les inondations et les séismes, et de s'en protéger avec des marges significatives pour tenir compte des incertitudes qui affectent notre connaissance de ce type de phénomènes.

Face au risque de perte totale de la source froide et des alimentations électriques (externes et internes), des dispositions dimensionnées à des niveaux d'agression très sévères renforcent la défense en profondeur. Dans tous les sites français, les diesels d'ultime secours (DUS) et un dispositif de source d'eau ultime (SEU) sont désormais

opérationnels et assurent au moins trois jours d'autonomie complète en eau et en électricité.

Dans les EPR, deux diesels (*Station Black-Out*) en supplément des quatre diesels de secours (*Emergency Diesel Generator*) et une seconde source froide sont intégrés à la conception dès l'origine.

En France et au Royaume-Uni, la protection des réacteurs face aux aléas naturels a été renforcée. Les ingénieries se sont mobilisées et ont développé leur expertise en réponse aux impacts du changement climatique. Le risque d'inondation est, comme les autres aléas, revu à chaque réexamen de sûreté décennal et doit aussi l'être après chaque événement inhabituel. Cet engagement demande d'être poursuivi.

LES QUATRIÈMES VISITES DÉCENNALES : UN BOND POUR LA SÛRETÉ

En cas d'accident grave (fusion du cœur), l'objectif primordial est de préserver le confinement et de limiter les rejets radioactifs.

En France, le renforcement de la protection des réacteurs en exploitation se poursuit lors des 4^e visites décennales (VD4) du palier 900 MWe. L'ensemble des améliorations permet de les faire fonctionner jusqu'à 50 ans, voire au-delà. Elles garantissent, en particulier, qu'en cas d'accident de fusion du cœur les rejets précoces et massifs sont évités. On peut considérer que le design des réacteurs de cette génération a désormais atteint un niveau de maturité tel que le modifier substantiellement ne ferait plus progresser la sûreté par la complexité induite. L'analyse du facteur humain doit tenir une place plus importante dans les réexamens de sûreté, sans faire des modifications matérielles le seul moteur de progrès.



Travaux dans l'espace inter-enceinte, CNPE de Nogent

DES MOYENS D'INTERVENTION RAPIDES OPÉRATIONNELS

La Force d'action rapide du nucléaire (FARN) et le *Deployable Back-Up Equipment (DBUE)* assurent la résilience des organisations françaises et britanniques en fournissant aux sites des moyens mobiles aptes à rétablir les fonctions de sûreté, en toute autonomie et en toutes circonstances.



Moyens mobiles de la FARN

Malgré la crise sanitaire, l'entraînement régulier sur la base de scénarios originaux, intégrant l'imprévu, s'est poursuivi. La gestion des interfaces doit rester un point d'attention : les exercices de déploiement des moyens de la FARN et de la *DBUE* doivent se conjuguer avec la mise en œuvre des dispositifs propres aux sites. Les solutions adaptées à toute situation, y compris extrême et imprévue, reposeront en effet sur la parfaite complémentarité des moyens. Cela doit être plus systématiquement validé et mis en œuvre durant les entraînements, côté site et côté FARN et *DBUE*. Les directions des sites gardent la responsabilité de la mise en œuvre des moyens.

La gestion de crise, en France et au Royaume-Uni, est coordonnée à partir de centres de crise nationaux et locaux. À Flamanville, j'ai visité le nouveau centre de crise local (CCL), véritable bunker doté des moyens les plus modernes de transmission et de gestion de l'information. Sur la base des enseignements de ce premier bâtiment, le déploiement de CCL moins surdimensionnés se poursuit dans l'ensemble du parc. Cela constitue une réelle avancée de la gestion de crise.

LA MAÎTRISE DE LA RÉACTIVITÉ : UNE PRIORITÉ

Première des priorités dans un réacteur nucléaire, elle doit rester une préoccupation majeure du management. J'apprécie que la maîtrise de la réactivité fasse dorénavant partie des quatre indicateurs de sûreté de la DPN.

La recrudescence d'événements, même mineurs, exige de renforcer l'implication des directions de site, la rigueur et l'entraînement des équipes de conduite (cf. chapitre 5).

La recherche de progrès de conception devrait mobiliser l'ingénierie et la R&D dans l'objectif d'une sûreté plus intrinsèque pour les nouveaux réacteurs, s'affranchissant de tout ou partie de l'injection active de bore lors d'un refroidissement d'urgence.

SÉCURISER L'ENVIRONNEMENT DU RÉACTEUR

Parmi les vulnérabilités susceptibles d'affecter la sûreté du réacteur, je me suis intéressé aux risques liés à l'incendie et, dans un autre domaine, aux addictions. Sensible à la protection des moyens de la souveraineté énergétique nationale, je me suis aussi intéressé à la malveillance.

L'INCENDIE : LA LUTTE SE RENFORCE

En 2021, la France et le Royaume-Uni déplorent chacun un seul événement marquant, un incendie de transformateur (cf. chapitre 1). Les formations individuelles et collectives ont certes été affectées par les contraintes liées à la pandémie mais un effort doit être fait pour combler, rapidement, le déficit accumulé.

J'apprécie l'organisation du parc britannique, qui a doté l'équipe de première intervention d'une capacité d'attaque du feu avant l'arrivée des pompiers des services externes. Cela contribue à la sûreté des installations et conforte le « sentiment de propriétaire » des équipes de conduite, soucieuses de la préservation du patrimoine. La transposition de cette organisation dans les CNPE français mérite étude. Par ailleurs, je note que l'augmentation du nombre de sapeurs-pompiers volontaires n'a pas trouvé sa traduction opérationnelle. Leur répartition par site est loin d'être homogène.



Exercice incendie dans un CNPE

Avec l'anticipation, réacteur en fonctionnement, des travaux des visites décennales, les cheminements dans les locaux industriels sont régulièrement entravés par des échafaudages dont la gestion doit être plus rigoureuse. Des exercices réguliers sont particulièrement nécessaires lors de ces périodes complexes de la vie des centrales.

LA PRÉVENTION DES ADDICTIONS : À APPLIQUER PLUS STRICTEMENT EN FRANCE

La consommation de substances psychoactives est incompatible avec les métiers du nucléaire. Pendant la crise, les contrôles d'addiction ont été suspendus. En France, leur inscription dans les règlements intérieurs des unités, indispensable pour pouvoir procéder à des contrôles réguliers, a été interrompue. Il est nécessaire de redynamiser ces mesures, d'autant plus que les confinements et les dispositions sanitaires risquent de faire perdre de saines régulations sociales (cf. chapitre 3).

LA PROTECTION DES SITES FRANÇAIS : UNE ÉVOLUTION COMPLEXE À CONDUIRE AVEC DÉTERMINATION

L'objectif est de garantir la sûreté en respectant la protection et le contrôle des matières nucléaires et en minimisant les contraintes d'exploitation. Il s'agit d'entraver les acteurs malveillants, tout en conservant un fonctionnement fluide au quotidien.

Aucune solution industrielle ne répondant parfaitement à son besoin, EDF SA a conçu son système de protection et en est propriétaire exclusif. La nécessaire prise en compte des spécificités de chaque palier et de chaque site complique la mise au point du dispositif et obère la tenue du calendrier. Une plateforme a été développée pour simuler l'ensemble des moyens de protection. Il faudra veiller à conserver les compétences, à la fois pour traiter les obsolescences et pour intégrer les évolutions rapides des capacités de nuisance et des technologies pour y remédier.

Les métiers de protection des sites mettent en œuvre des systèmes de plus en plus complexes, qui nécessitent une maintenance spécialisée. Ils doivent donc s'adapter. Le noyau de cohérence des métiers de protection de site, diffusé depuis plus de trois ans, demande que le service protection assure l'exploitation et la maintenance. Je constate cependant que ce principe, qui satisfait pleinement les sites qui l'ont adopté, n'est pas généralisé. Au-delà d'un renforcement quantitatif, intégrant les délais de formation à un nouvel environnement technique et l'augmentation sensible de la charge de travail, j'invite à développer une gestion prévisionnelle des emplois et des compétences pour rendre la filière efficace et attractive.



LA CYBERSÉCURITÉ INDISSOCIABLE DE LA TRANSFORMATION NUMÉRIQUE

La complémentarité des moyens de protection et d'une bonne hygiène corporelle limite la transmission des maladies virales. De même, des moyens techniques de protection des données et une bonne hygiène numérique permettent de contrer les effets d'une défaillance informatique, due ou non à une malveillance. Ce risque croissant dans notre société, qui n'épargne aucun secteur industriel, est pris en compte par EDF dès la conception et intégré dans les modifications.

Je me suis donc attaché lors de mes visites à vérifier la sensibilisation du personnel à ce risque qui pourrait remettre en cause des fonctions de sûreté. Si les nouvelles générations y sont plus sensibles, elles ne sont pas toujours plus disciplinées quand il s'agit de s'appliquer des règles contraignantes (« stations blanches » pour clés USB, échanges de fichiers, téléphonie mobile, objets connectés, accès Internet, etc.).

En France, l'Agence nationale de sécurité des systèmes d'information (ANSSI) effectue, avec le concours de l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN) et des services du Haut fonctionnaire de défense et de sécurité (HFDS), des « états des lieux partagés ». EDF SA présente une situation satisfaisante dans l'ensemble des paliers, différemment numérisés.

Devant la multiplicité des acteurs, les compétences rares devraient être concentrées dans une organisation aux responsabilités bien définies. J'appelle aussi l'attention sur la formation et le contrôle des sous-traitants et des fonctions externalisées, de l'ingénierie à la maintenance, de la conception à l'exploitation. La cybersécurité n'est pas un prétexte à freiner la transformation numérique, elle l'accompagne.

INNOVATION ET TRANSFORMATION, FACTEURS D'ATTRACTIVITÉ

METTRE EN VALEUR LES MÉTIERS DU NUCLÉAIRE

Cette année encore, les équipes de la filière nucléaire ont démontré leur engagement et leur fiabilité. Au-delà de la reconnaissance du devoir accompli, le revirement d'opinion récent et la communication plus positive sur l'énergie nucléaire et ses métiers ne pourront que contribuer à l'attractivité de la filière et à la fidélisation de son personnel. Durant mes entretiens, je constate combien les jeunes générations souffrent du déficit d'estime de la filière. Le débat sur le renouvellement du parc pour lutter contre le changement climatique lui fait gagner en notoriété. La communication externe du Groupe pourrait tabler sur ce nouvel état de fait. Elle répondra ainsi aux attentes du personnel qui regrette une forme de frilosité alors que les détracteurs bénéficient d'une tribune ouverte pour développer des contre-vérités, auprès des jeunes générations notamment.

Cela ne doit pas occulter un sujet à fort enjeu médiatique, écologique et technique : la stratégie de fermeture du cycle du combustible. L'investissement en termes d'innovation et de recherche et l'effort de communication y sont fondamentaux. Le traitement des déchets, notamment de haute activité et / ou à vie longue (HAVL), le réemploi de la part utile du combustible usé et les futurs modèles de réacteurs à neutrons rapides doivent faire l'objet d'une approche déterminée et coordonnée (ANDRA, Orano, CEA, EDF, Framatome).



Soudage des manchettes d'un couvercle de cuve

LA FORCE D'UNE R&D INTÉGRÉE

En France, l'annonce d'un investissement d'un milliard d'euros pour « développer des technologies de rupture, notamment des petits réacteurs modulaires, permettant une meilleure gestion des déchets ou une production d'hydrogène », est favorable au recrutement de jeunes ingénieurs de qualité.

Au Royaume-Uni, dans le cadre du plan en dix points pour une révolution industrielle verte, le gouvernement britannique prévoit d'atteindre la neutralité carbone à l'horizon 2050, grâce aux renouvelables et au nucléaire. *L'Advanced Nuclear Fund*, doté de 450 millions d'euros, investira dans le nouveau nucléaire, notamment pour développer un projet de *Small Modular Reactors* et pour la recherche sur l'*Advanced Modular Reactor*, réacteur de 4^e génération. Un grand projet sera approuvé avant les prochaines élections législatives, probablement la construction de deux EPR à Sizewell.

Le nucléaire est indissociablement lié à la science, aux hautes technologies, à la recherche et à l'innovation. La France, parmi les pionniers de la filière, ne peut se distinguer de l'effervescence américaine et des moyens considérables déployés en Chine et en Russie. L'innovation reste le facteur clé de l'attractivité de la filière et la R&D, le pilier des compétences sur lequel elle s'appuie.

J'apprécie que les travaux et actions de R&D s'inscrivent pleinement dans la démarche d'amélioration de la sûreté du parc et des projets nucléaires, en contribuant à étendre la durée de fonctionnement et à développer les performances. Les outils de simulation numérique, couplés à des moyens d'essais expérimentaux et de traitement de grandes masses de données, portent leurs fruits. Principalement orientée vers le « client » (parc ou projets en cours), ce qui est positif,

la R&D du Groupe pourrait être rééquilibrée vers le plus long terme, en particulier pour répondre aux objectifs ambitieux du plan France 2030 et de ses perspectives. Les nouvelles technologies comme l'intelligence artificielle, le calculateur quantique, la réalité virtuelle, etc. doivent bénéficier au Groupe, à ses métiers et à la sûreté.

LA TRANSFORMATION NUMÉRIQUE, VECTEUR DE PERFORMANCE

Catalyseur majeur de la refonte des outils et des modes de travail, le développement du numérique est inséparable de l'ingénierie moderne et façonne les organisations. Il contribue à la simplification des processus et à l'efficacité.

Cette transformation concerne le fonctionnement interne comme la relation collaborative avec les prestataires, les filiales et les clients. Je constate que la transformation numérique peine à s'imposer et surtout à produire les résultats attendus dans le Groupe. Il ne faut pas se tromper de cible : la transformation numérique doit rester un facilitateur et ne pas rajouter une contrainte ou une charge de travail supplémentaires. Elle ne doit se substituer à l'humain que si la plus-value et l'absence de risque, notamment en matière de sûreté, en sont démontrées (*cf. chapitre 8*). J'ajoute que la réduction du décalage entre les environnements numériques privés et professionnels est un facteur de fidélisation, notamment des jeunes ingénieurs.

DES OPPORTUNITÉS À SAISIR, DES DÉFIS À RELEVER

Même si la Commission européenne finit par inclure l'électricité d'origine nucléaire sous des conditions drastiques dans les investissements labellisés durables, la résilience du modèle de production du Groupe place ses pays d'implantation en position favorable vis-à-vis de leurs engagements écologiques et leur épargne une crise énergétique.

Nos sociétés vont être transformées par les dispositions sanitaires prises durant deux années et le retour au *statu quo ante* sera impossible. Dans l'adversité, le Groupe a su faire preuve d'efficacité parce que la situation l'imposait et que sa culture l'y prédisposait. La pandémie va enclencher plus d'une décennie de perturbations : il faut en tirer profit plutôt que de se contenter d'en compenser les effets.

LES PLANS D'AMÉLIORATION, ENTRE NOMBRE ET EFFICACITÉ

Les plans et initiatives engagés par le Groupe visent à répondre aux défis de simplification, d'efficacité et de performance, dans un contexte durable de forte charge industrielle. CAP 2030, START 2025, plan Excell, TAMA, *Ambition Leadership*, *Dual Mission*, Osons la confiance, Evolean, etc. donnent le sentiment d'un mille-feuille difficile à digérer. Les sites, CNPE ou ingénieries, y voient une augmentation de la charge (comptes rendus, tableaux de suivi, etc.) qui n'apportent pas nécessairement les progrès de sûreté attendus.

Tous ces plans, qui vont pourtant dans le bon sens, tardent à être mis collectivement en œuvre de manière cohérente. Le principe que certaines directives puissent s'imposer à tous, dans un calendrier resserré, et l'autonomie des unités de production ou d'ingénierie, souhaitée et bénéfique, ne sont pas antinomiques. Il faut capitaliser sur la sortie de crise sanitaire pour diminuer le nombre de plans, accélérer leur déploiement et en mesurer les effets positifs.

La plupart de ces plans qui bénéficient des nouvelles technologies ne doivent pas s'affranchir de la place de l'homme et du management de proximité, ni trop attendre d'un recours accru au télétravail.

RENOUVELLEMENT DES PARCS ET DÉCONSTRUCTION, DES ENJEUX LIÉS

Durant les prochaines décennies, le groupe EDF va devoir démontrer sa capacité à maîtriser deux sujets différents par leur nature et leur sensibilité au temps.

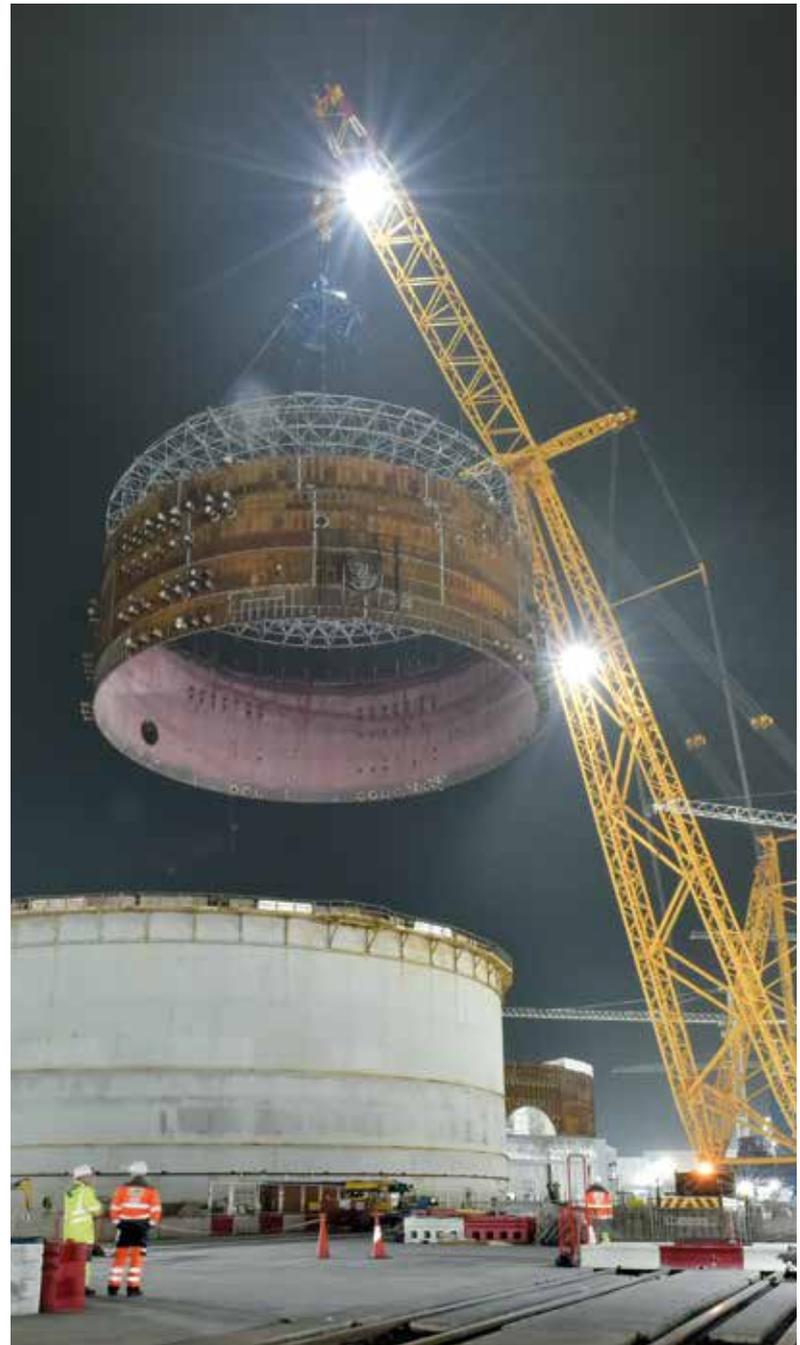
Le plan de renouvellement des parcs risque d'être soumis à la contrainte de temps, sans faillir en termes de sûreté. Les réseaux électriques français et britannique vont être de plus en plus sollicités par l'effet du moindre recours aux énergies carbonées, pilotables. Il faudra donc faire converger le programme des prolongations et déconstructions et celui du renouvellement, en cohérence avec les capacités offertes par les énergies renouvelables. Si les dieux de la pluie, du vent et du soleil peuvent s'exonérer de la tenue d'un calendrier, le Groupe se devra, lui, d'être au rendez-vous de ses engagements.

La déconstruction, en France comme au Royaume-Uni, s'inscrit dans le temps long et me semble organisée et préparée pour relever ce défi en sûreté. Après la fin d'exploitation en 2020, la préparation du démantèlement des deux réacteurs REP de Fessenheim suit son calendrier. La fermeture des premiers réacteurs AGR a été décidée avec un grand sens des responsabilités et sur la base de critères qui respectent les principes de sûreté.

Fin 2020, le premier emballage de déchets radioactifs a été réceptionné dans la nouvelle installation de conditionnement et d'entreposage de déchets activés (ICEDA). Cette installation nucléaire de base (INB) entrepose des déchets issus des réacteurs français en déconstruction et des matériaux du parc en exploitation, avant leur prise en charge par l'ANDRA en vue d'un stockage définitif.

Deux points méritent attention :

- l'acquisition et la pérennité des compétences spécifiques aux chantiers de démantèlement et la montée en puissance des plans de charge ;
- la valorisation des expériences croisées de part et d'autre de la Manche et les synergies avec l'ensemble des entités du Groupe, voire d'entités externes (Orano).



Installation du liner, bâtiment réacteur HPC 2

UNE GRILLE DE LECTURE ET DES PRINCIPES DIRECTEURS

Je terminerai ce « regard » introductif en conseillant au lecteur de plonger le sien dans les chapitres suivants, rédigés selon l'approche de l'IGSNR qui se veut critique, créative et responsable, associant les trois modes qui définissent la pensée complexe, selon Edgar Morin.

RESTER EXEMPLAIRE

La filière nucléaire satisfait à un niveau de critères et de contrôles des plus exigeants. Elle se doit de rester exemplaire et transparente en matière de sûreté.

GARDER LE CONTACT AVEC LA RÉALITÉ

Il faut libérer du temps pour que chacun se consacre aux tâches essentielles et les plus valorisantes, comme la connaissance de la machine et de son environnement humain, la pratique de son métier ou les échanges interpersonnels (formation, entraînement, management, compagnonnage, dialogue social, analyse et retour d'expérience, etc.). En matière de sûreté, prendre du recul ne veut pas dire créer de la distance mais rester au contact de la réalité.

La filière peut s'appuyer sur les plans de transformation qui doivent développer la culture du résultat et laisser une part plus grande à l'autonomie des entités et à la responsabilité individuelle. La transformation numérique doit améliorer la performance tout en laissant sa juste place à l'homme sans s'y substituer.

VALORISER LA PLACE DE L'HOMME

Je suis convaincu qu'il ne faut pas miser exclusivement sur la technique et les modifications, la documentation, les procédures et processus afin de traiter tous les dysfonctionnements ou écarts, possibles, probables ou envisageables. Améliorer sans fin un système complexe ne se substituera pas à une intelligence humaine qui sait s'adapter aux aléas. Il faut accepter que l'homme, comme la machine, soient faillibles et surtout prendre conscience que le premier est aussi perfectible, s'il s'en donne la peine avec humilité, pour admettre ses faiblesses, et pugnacité, pour les dépasser par l'apprentissage et le travail. Le conseil du sociologue des organisations, Michel Crozier, dans ses *Mémoires*, garde toute sa force : « *professionnalisez les hommes au lieu de sophistiquer les structures et les procédures* ».

Pour ce faire, il est nécessaire de redonner du sens aux actions et de revenir aux fondamentaux, qu'il s'agisse des comportements, des règles de l'art et de la qualité d'exécution. Le niveau d'exigence individuelle et collective doit être affirmé, voire renforcé, avec ténacité. La formation et l'entraînement doivent être valorisés — et du temps leur être systématiquement dédié — et les remarquables moyens du Groupe (simulateurs, ateliers maquettes) mieux utilisés par le personnel et les entreprises prestataires.

ÊTRE UN EXPLOITANT RESPONSABLE

La filière doit renforcer sa capacité à anticiper les problèmes, plutôt que les subir. Ainsi toute cause peut être regardée comme une conséquence. Il faut faire de ce questionnement un objectif de sûreté plutôt qu'une réponse aux demandes des autorités de contrôle et reconnaître la complémentarité des rôles, plutôt que de risquer l'antagonisme.

SIMPLIFIER LES ORGANISATIONS

Le groupe EDF, par son histoire et son organisation, bénéficie de l'ensemble des compétences d'un groupe intégré. Architecte et exploitant de réacteurs de technologies différentes, concepteur de systèmes innovants, il a fait de la sûreté sa priorité. Chacun des domaines bénéficie d'expertises nombreuses. Les compétences sont souvent réparties entre plusieurs directions.

Cette organisation foisonnante risque d'être source de complexité et de lourdeur, qui pourraient nuire à la sûreté. Chaque sujet doit être porté par un responsable clairement identifié. Une meilleure intégration des ingénieries, entre elles et avec les exploitants, permet de concevoir des nouvelles installations, des modifications et des référentiels adaptés aux réalités de la technique et de l'exploitation. Cela permet aussi de fournir aux sites un appui réactif et opérationnel. Le Groupe peut bénéficier des synergies offertes par l'exploitation de deux parcs. De même, le partage d'expérience entre opérateurs industriels et l'évaluation entre pairs constituent une source majeure de fiabilité et de performance.

DÉGAGER DES MARGES POUR LA SÛRETÉ

Comme dans toute entreprise, les parcs, les ingénieries et les partenaires industriels du groupe EDF sont assujettis à la maîtrise des coûts et à la tenue de calendriers. Ils s'attachent à concilier sécurité du personnel, impératif de production et, pour le nucléaire, préserver la priorité à la sûreté. Dans l'avenir, pression écologique, crise économique, équilibre énergétique sont autant de circonstances qui pourraient nuire à la gestion des priorités et à la sérénité des prises de décision.

Le dimensionnement des futures capacités de production nécessite des marges afin de faire face à d'éventuels aléas techniques qui pourraient conduire à l'arrêt temporaire de plusieurs réacteurs (*cf. chapitre 1*).

Chacun doit s'employer à dégager des marges financières et calendaires de manière à garantir le niveau de sûreté requis. En permanence, la filière indépendante de sûreté doit éclairer les directions sur le respect de ce dernier impératif.



Sur plusieurs années, les résultats s'améliorent, sans toutefois atteindre ceux de 2020. Les indicateurs ne peuvent résumer la sûreté à eux seuls.

Malgré la mise en œuvre déterminée de plans d'actions dans les deux parcs, le nombre d'arrêts automatiques et manuels de réacteurs repart à la hausse. Les non-conformités aux spécifications techniques d'exploitation restent, cette année encore, trop nombreuses.

En France, les événements de maîtrise de la réactivité augmentent.

Travaux de maintenance, CNPE de Golfech

La sûreté en exploitation : des résultats contrastés

01

Sommaire

Mon regard

01

02

03

04

05

06

07

08

09

Annexes

Abréviations

LES INDICATEURS

EN FRANCE

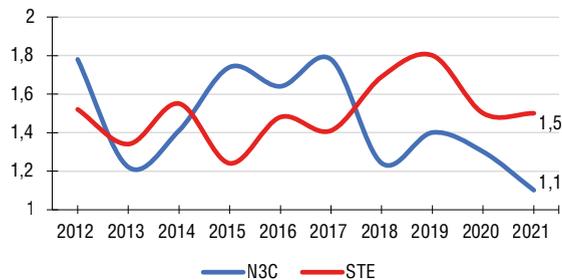
En 2021, aucun événement significatif pour la sûreté (ESS) n'a été classé au niveau 2 de l'échelle INES. Le nombre d'événements de niveau 1 baisse légèrement (1,34 par réacteur). Le nombre total d'ESS de niveaux 0 et 1 (726) continue de traduire un bon niveau de détection et de transparence.

Après la meilleure performance historique de 2020, le nombre d'arrêts automatiques de réacteurs (AAR) augmente (27 en 2021, 14 en 2020, 31 en 2019).

Le nombre d'écarts de maîtrise de la réactivité, qui s'était stabilisé en 2020, repart à la hausse (57 en 2021, 33 en 2020, 52 en 2019) (cf. chapitre 5).

Le nombre de NC-STE (non-conformités aux spécifications techniques d'exploitation) reste trop élevé (88) avec, cette année encore, de fortes disparités entre les sites.

La disponibilité des systèmes de sauvegarde reste excellente.



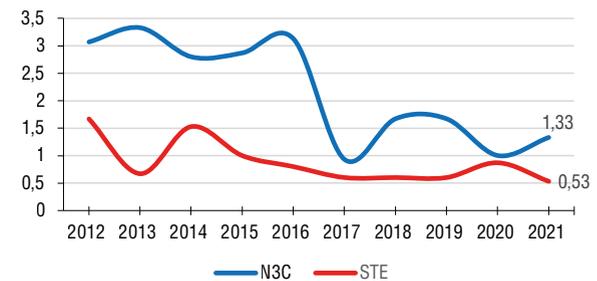
Nombre de non-conformités de lignage (N3C) et NC-STE à la DPN

AU ROYAUME-UNI

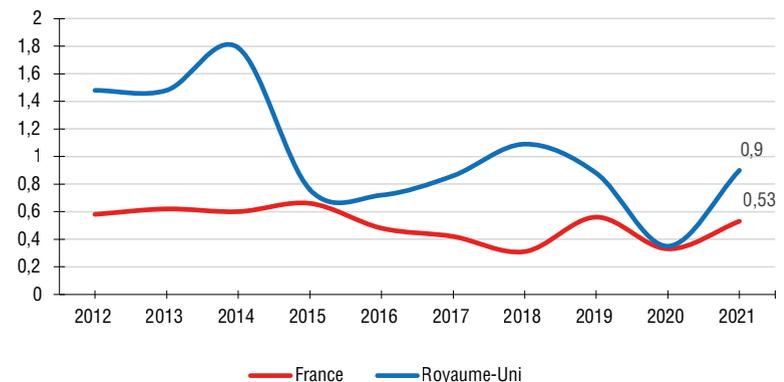
En 2021, 1 événement INES de niveau 2 (cf. chapitre 7) et 6 événements de niveau 1 (un seul en 2020), soit 0,47 par réacteur ont été déclarés. Les pratiques de classement étant différentes entre les autorités de sûreté française et britannique, les nombres d'événements de niveau 1

ne doivent pas être comparés. Le nombre d'ESS de niveau 0 par réacteur reste stable et traduit une bonne transparence.

Le nombre d'arrêts automatiques et manuels de réacteurs augmente. Le nombre de NC-STE est le meilleur résultat des dix dernières années. La fiabilité des équipements de sauvegarde est bonne et continue de s'améliorer dans les réacteurs AGR. Le REP de Sizewell B n'a eu aucune indisponibilité des circuits de sauvegarde pour la quatorzième année consécutive.



Nombre de N3C et NC-STE à Nuclear Generation



Nombre d'arrêts automatiques et manuels par réacteur (F et UK)

LA CRISE COVID-19 : ANTICIPER LES EFFETS À TERME

Installée dans la durée, la crise n'a pas eu en 2021 d'impact significatif sur la sûreté des deux parcs. En France et au Royaume-Uni, la production a été affectée par les décalages ou les allongements des arrêts pour maintenance, décidés en 2020. Quant aux équipes d'ingénierie, elles se sont aussi adaptées et elles ont produit l'essentiel de leurs livrables. En France, l'accord TAMA (Travailler autrement, manager autrement) s'intéresse notamment à la reconstitution des collectifs et aux modalités de recours au télétravail.

Dans les deux pays, l'ajout des dispositions de protection sanitaire pendant la crise a entraîné une certaine lassitude dans les équipes. Il faut veiller à ce qu'elle ne conduise pas à une baisse de rigueur et à la transgression des règles de sécurité, radioprotection et sûreté.

Le développement des outils numériques et l'*e-learning* observé en 2020 s'est poursuivi. Il faut s'attacher à développer les échanges et à mieux intégrer les nouveaux arrivants dont l'accueil et la formation ont pâti des effets de la crise. Je suivrai en 2022 les suites données à la recommandation du rapport IGSNR 2020 concernant le nécessaire retour d'expérience à tirer de la crise Covid-19 : simplification, formation dans les métiers essentiels, modalités du télétravail.

L'INCENDIE : MAINTENIR LA VIGILANCE

La DPN utilise dorénavant une méthode de caractérisation des événements, fondée sur le degré de développement du feu est similaire à celle de Nuclear Generation. Les indicateurs 2021 s'améliorent : un seul événement marquant (en 2020, 8 calculés avec la nouvelle méthode).

Au Royaume-Uni, on compte un événement marquant / majeur, le premier depuis 2018.

Dans les deux parcs, la maîtrise des charges calorifiques est perfectible. La résorption des fuites d'huile reste aussi un sujet de préoccupation au Royaume-Uni. La majorité des départs de feu étant d'origine électrique, Nuclear Generation utilise des caméras thermiques pour détecter des points chauds, borniers et connecteurs notamment ; j'invite la DPN à généraliser la démarche similaire engagée dans quelques sites.

Les exercices incendie sont régulièrement organisés dans les deux parcs. Il faut veiller à ce que tous les sites s'y investissent suffisamment et à ce que leur périmètre soit représentatif. Il serait souhaitable, par exemple, de faire des exercices avec des circuits en eau et sous pression. De même, malgré le développement de moyens

pédagogiques virtuels, il faut conserver un volume significatif de pratique réelle pour tous.

Dans le parc britannique, l'équipe de conduite est dotée d'une capacité d'attaque du feu avant l'arrivée des pompiers externes. Cela contribue à la sûreté des installations. En France, les délais d'intervention des SDIS¹ dépendent des sites et des circonstances. J'invite la DPN à renforcer son dispositif de lutte contre l'incendie avant l'arrivée du premier engin du SDIS et à augmenter le nombre de sapeurs-pompiers volontaires.

Deux incendies de transformateurs

L'incendie du transformateur principal d'un réacteur, le dixième dans le parc français depuis 1988, entraîne un arrêt automatique du réacteur et cause des dommages importants aux matériels, câbles et structures de génie civil voisins. Grâce à l'intervention rapide des équipes du CNPE, l'incendie a été circonscrit avant même l'arrivée des secours extérieurs. La défaillance d'une traversée électrique, récemment installée, est à l'origine de l'événement. Un incendie dans un transformateur d'un réacteur AGR en fonctionnement conduit à un AAR et entraîne une fuite d'huile. L'incendie est éteint par le système d'extinction automatique sans causer d'autres dégâts. La cause est un court-circuit, dû à une défaillance d'isolation entre deux organes. D'une durée de vie estimée à 20 ans, ils avaient été installés en 2016 et inspectés en 2019, sans qu'aucune anomalie ne soit détectée.

LE COMBUSTIBLE : DES PERFORMANCES SATISFAISANTES MAIS DES FRAGILITÉS

Les gaines des assemblages du combustible constituent la première barrière entre les produits radioactifs et l'environnement. Elles doivent donc rester étanches.

En France, le taux de défaillance des assemblages se maintient à un bon niveau : 0,07 % (3 crayons inétanches, meilleure performance depuis de nombreuses années). Les acteurs des entités centrales (DCN, UNIE-GECC, DT, D²), des sites et de la R&D collaborent efficacement, avec un bon niveau d'expertise et des parcours professionnels attractifs. J'apprécie les actions de la DCN pour sécuriser la chaîne d'approvisionnement en identifiant les fournisseurs critiques.

Un phénomène de corrosion et de desquamation de gaines de combustible « M5 » est apparu dans trois réacteurs, sans conséquence

¹ Service départemental d'incendie et de secours.

² Division combustible nucléaire, unité nationale d'ingénierie en exploitation – groupe exploitation cœur combustible, direction technique, direction industrielle.

sur la sûreté. Des critères d'inspection et de rechargement des assemblages concernés ont été déterminés de manière rapide et satisfaisante. Je regrette cependant que le REX d'événements similaires survenus à l'étranger n'ait pas permis de prévenir ces problèmes.

Plusieurs autres aléas affectent des assemblages de combustible : dégradation de certaines grilles (P-grid), CRUD (cf. chapitre 6). Par ailleurs, les difficultés de production du MOX (oxyde mixte d'uranium et de plutonium) de l'usine MELOX d'Orano obligent à recharger uniquement avec de l'oxyde d'uranium et à modifier l'ordonnement des cycles de réacteurs « Moxés ».

Ces problèmes consomment des marges de sûreté et imposent des contraintes d'exploitation. Les reprises de plans de chargement, le volume d'études et le renforcement de la surveillance des fabrications demandent de garantir les ressources humaines des entités concernées.

Au Royaume-Uni, aucune rupture de gaines n'a été constatée dans les AGR en 2021, pour la seconde année consécutive. Dans le REP de Sizewell B, aucun assemblage combustible n'a été observé inétanche depuis plus de 12 ans.

UNE MAÎTRISE INDUSTRIELLE PERFECTIBLE

MIEUX INTÉGRER LES PRESTATAIRES EN FRANCE

La maîtrise industrielle repose en grande partie sur les prestataires qui effectuent la plupart des interventions de maintenance.

J'apprécie l'attention qu'EDF SA porte au tissu industriel, via les « plaques régionales », le GIFEN, le plan Excell, etc. J'observe cependant des relations contrastées entre exploitant et prestataires. Il est essentiel d'associer vraiment ces derniers à la vie des sites. Certains CNPE commencent à le faire, en les intégrant par exemple dans des plateaux projets.

Au Royaume-Uni, le fonctionnement avec les prestataires est plus inclusif. Plus généralement, le pilotage des activités (*Work management*) doit encore progresser dans les sites (stabilité du planning, disponibilité des ressources) pour améliorer la qualité de maintenance.

ÉTAT DES INSTALLATIONS SATISFAISANT

En France, l'état des installations est globalement satisfaisant, mais je note quelques faiblesses persistantes :

- la corrosion dont le traitement est trop long ; si la corrosion interne peut n'être découverte que tardivement, la corrosion externe, visible, pourrait être traitée sans tarder ;

- de trop nombreuses demandes de travaux (DT) en cours, avec des différences entre sites. Les équipes d'intervention réactive (EIR), multi métiers, traitent les DT prioritaires mais souffrent parfois d'une mise à disposition insuffisante de ressources par les services métiers. Il me paraît nécessaire que les ambitions du programme de résorption du « pot de DT » soient plus proches des standards internationaux.

Par ailleurs, les anticipations, réacteur en fonctionnement, de modifications dans le cadre des visites décennales nécessitent de nombreux échafaudages, avec des impacts sur les circulations, etc. Il faut veiller à ce que, avec le temps, cet environnement dégradé ne devienne pas la norme.

Au Royaume-Uni, l'état des installations reste de bon niveau, bien que les fins d'exploitation soient proches. L'état d'entretien (*housekeeping*) des sites que j'ai visités est satisfaisant, les zones d'entreposage sont bien gérées, la corrosion est encore visible mais son traitement est piloté. Les équipes d'intervention (*Diagnostic and Repair Team, DART*) sont efficaces lorsque la coopération entre départements est bonne. Il faut, de plus, que le service Conduite fixe les bonnes priorités. J'observe que l'en-cours de travaux (*backlog*) augmente par rapport à 2020 ; il faut y remédier sans tarder.

PIÈCES DE RECHANGE : COOPÉRER POUR LEVER LES OBSTACLES EN FRANCE

J'apprécie que l'UTO³, dorénavant désignée comme seule responsable des pièces de rechange (PdR), en ait fait un de ses principaux objectifs stratégiques. La volonté de développer la réparation des PdR est aussi un progrès, concrétisé par la création d'un bâtiment dédié à proximité du site de Velaines.

Cependant, deux visions du monde continuent de coexister : celle des sites qui font face à un véritable parcours d'obstacles pour obtenir les PdR et mentionnent toujours les mêmes difficultés (références à actualiser, pièces ne répondant pas à la commande, défectueuses, inexistantes) et celle de l'UTO qui estime que le principal problème tient principalement aux commandes des sites (manque d'anticipation, mauvaise rédaction, etc.). Il est urgent de résoudre ce problème.

UN DÉFAUT GÉNÉRIQUE D'UN CIRCUIT DU PALIER N4

En décembre 2021, les contrôles d'inspection en service (ultrasons) révèlent des défauts de corrosion sous contrainte sur des coudes du système d'injection de sécurité d'un réacteur. L'exploitant arrête rapidement et contrôle les trois autres réacteurs du palier. L'expertise des conditions d'apparition de ces défauts, qui n'étaient pas attendus à cet endroit, permet de définir les zones supplémentaires à contrôler et les travaux à réaliser. La façon de traiter cet événement témoigne d'une attitude responsable d'exploitant nucléaire.

³ Unité technique opérationnelle de la DPN.



La sûreté est d'abord l'affaire des acteurs opérationnels. Elle s'appuie sur leurs compétences, leur sens de la responsabilité individuelle et collective et la qualité du management de proximité.

Elle suppose des organisations, des processus, une documentation et, en exploitation, elle repose d'abord sur la maîtrise du geste technique, la connaissance du terrain et la rigueur. Elle engage les cinq sens et le jugement de chacun.

Priorité aux compétences, à la responsabilité et à l'encadrement de terrain

02

Sommaire

Mon regard

01

02

03

04

05

06

07

08

09

Annexes

Abréviations

LA SÛRETÉ INCARNÉE PAR L'EXPLOITANT

Le premier des principes fondamentaux de l'AIEA affirme que « *la responsabilité première en matière de sûreté doit incomber à la personne ou à l'organisme responsable des installations et activités entraînant des risques radiologiques* ». À EDF, la responsabilité de la sûreté incombe en premier lieu à la chaîne opérationnelle. Les filières indépendantes de sûreté assurent une responsabilité supplémentaire de contrôle, sans s'y substituer.

C'est dans cet esprit qu'est établie la politique sûreté du Groupe, dont la dernière mise à jour a été signée par Jean-Bernard Lévy, le 12 février 2021.

J'apprécie que la tête des parcs adresse des messages solides, encourage de vrais échanges et facilite une liberté d'expression opportune. On observe partout beaucoup de compétences, de sérieux et de bonne volonté mais l'efficacité d'ensemble pâtit du nombre excessif d'instances, de strates organisationnelles, de documents, d'indicateurs. Le sens, les priorités, les responsabilités se diluent.

Dans les sites, la sûreté est assurée par tous les métiers (conduite, maintenance, chimie, ingénierie, etc.) et les priorités opérationnelles du jour sont bien exprimées par le chef d'exploitation (CE). Il faut continuer à soutenir et à développer le leadership de la conduite. En France, il faut aussi mieux asseoir le rôle du CE délégué (CED) dans le pilotage de l'entretien du réacteur pendant son fonctionnement (tranche en marche, TEM) (*cf. chapitre 5*).

De part et d'autre de la Manche, de bonnes initiatives en matière de culture de sûreté se poursuivent dans les sites et se développent en ingénierie. Les questionnaires destinés à l'évaluer ne doivent pas devenir une formalité parmi beaucoup d'autres : l'essentiel demeure de susciter un travail en profondeur. Certains sites les travaillent avec l'appui des services centraux. J'encourage par ailleurs à poursuivre l'échange sur les principaux accidents, dans le nucléaire ou l'industrie classique, appuyé par les travaux d'accidentologie, à l'exemple de ceux, remarquables, présentés par la R&D sur l'accident de Fukushima.

Dans les ingénieries et les services centraux français, parfois même dans les CNPE, malgré quelques évolutions positives, la sûreté est trop souvent perçue comme une réponse aux demandes de l'ASN.

Cette attitude porte le risque d'un insidieux transfert de responsabilité. L'ASN et l'IRSN l'alimentent par l'inflation des questions (si beaucoup sont fondées, elles mériteraient d'être classées par importance), des exigences et des textes et, *de facto*, pilotent la charge des ingénieries et services centraux et risquent de les saturer.

La primauté à la sûreté selon WANO

« Pour l'industrie nucléaire, la sûreté demeure la priorité. Même si les mêmes traits de culture s'appliquent à la radioprotection, la sécurité et l'environnement, c'est la sûreté qui est primordiale et incarnée dans les sites, sans relâche [...]

Le nucléaire exige une culture de sûreté solide étant donné les caractéristiques particulières et les risques très spécifiques de cette technologie, à savoir la radioactivité, la concentration d'énergie dans le cœur du réacteur et la puissance résiduelle. »
(Ten traits of a healthy nuclear safety culture).

LA RÉALITÉ D'ABORD, LE PROCESSUS ENSUITE

Un déséquilibre assez profond se manifeste, en particulier en France, entre ce qui doit être maîtrisé par le geste technique et ce qui est estimé assuré par la documentation, entre la « sûreté gérée » et la « sûreté réglée ». Dans mes entretiens, s'expriment de manière lancinante l'hypertrophie des processus, l'empilement des règles, le poids de la « sûreté papier », la difficulté à agir. Le mode de preuve semble l'emporter sur l'activité elle-même (*cf. rapport IGSNR 2020*).

Le strict respect des procédures ne saurait être un substitut à la connaissance et au savoir-faire technique, pas plus que l'animation de processus ne doit éteindre le sens de la responsabilité individuelle.

Faut-il des dizaines de pages de documentation, des analyses de risques revues à chaque intervention, plusieurs signatures, pour décanter une bâche à fioul ? Faut-il plus de 100 pages de procédure pour une divergence ? Celle-ci peut-elle être intégralement lue et suivie pendant que l'on pilote le transitoire ? Je recommande un effort très significatif de refonte de la documentation d'intervention. Elle semble

aujourd'hui plus une démonstration que les rédacteurs ont identifié tous les risques, rappelé toutes les exigences et intégré tous les référentiels. Or elle ne doit être ni un manuel de formation, ni un guide, ni une « démonstration de sûreté ». Elle doit être opérationnelle et centrée sur l'intervenant.

En France comme au Royaume-Uni, les comptes rendus d'événements significatifs des incidents modestes sont souvent trop longs et l'habitude est trop systématique d'ajouter des processus, des contrôles et des signatures pour éviter que l'incident ne se répète. En cas d'écart aux règles de base, les suites devraient porter sur les compétences et les comportements.

Le Royaume-Uni n'échappe pas à la complexité, comme en témoigne l'intense utilisation de batteries d'indicateurs. Cependant, un site que j'ai visité témoigne du type de fonctionnement qu'il est possible d'atteindre : présence sur le terrain, connaissance intime de la machine, description de sujets concrets plutôt que du suivi des processus, « sentiment de propriétaire » et son corollaire, la fierté.

RAPPROCHER LES MOTS DE LA RÉALITÉ

Le langage façonne les esprits. Or nous employons en France un jargon qui tend à l'abstraction et à la juridicisation : il risque de faire perdre le sens. J'encourage à réemployer un vocabulaire plus proche des réalités.

Il vaut mieux dire « sûreté » que MP3 (macro-processus 3), maîtrise de la réactivité plutôt que « sous-processus maîtrise de la réactivité » et incendie au lieu de « sous-processus incendie ». Cela n'empêche pas que des processus organisent le pilotage et l'amélioration continue. Si l'on doit fermer les portes coupe-feu, c'est pour prévenir la propagation d'un incendie plutôt que parce qu'elles sont « valorisées dans la démonstration de sûreté ». J'observe d'ailleurs un abus du terme « démonstration de sûreté » qui, non content de poser des questions de doctrine, risque d'entraîner une confusion quant à l'objectif premier : l'impératif doit demeurer la sûreté, les démonstrations en sont un moyen.

De plus, au risque que les standards ne deviennent optionnels (cf. chapitres 5 et 6), les noyaux de cohérence devraient désigner le recueil du petit nombre de règles à strictement appliquer partout plutôt que le vaste ensemble des pratiques souhaitables.

Il faut aussi éviter à tout prix des expressions comme « rechercher les éléments opposables aux prescriptions techniques de l'ASN », qui peuvent éloigner du sens de la responsabilité première de l'exploitant. Cela accentue encore l'atmosphère de juridicisation, à laquelle

contribue l'ensemble des parties dans la façon de décliner l'arrêté INB. La sûreté pourrait en pâtir.

PRIORITÉ À LA MACHINE ET À CEUX QUI L'EXPLOITENT

ACCENTUER LA PRÉSENCE DES MANAGEURS SUR LE TERRAIN

La présence de terrain doit être la modalité d'action des managers : encadrer les équipes, piloter les activités, faire appliquer les règles, former par l'expérience, façonner les comportements.

J'apprécie la volonté de la DPN de la développer ainsi que les responsabilités individuelles. Beaucoup reste à faire. J'apprécie aussi l'initiative *Manager in the Field* de la flotte britannique. Il y est estimé que les managers consacrent 20 à 25 % de leur temps au terrain, l'objectif étant de 40 %. Dans un site, certaines plages horaires sont interdites aux réunions et dédiées au terrain. Les *leaders* issus de l'apprentissage, très nombreux, y ont une grande aisance : ils ont fait le métier de leur équipe.



Equipe en zone contrôlée, CNPE de Chinon

Afin de s'assurer que les managers vont sur le terrain et de tirer parti de leurs observations, les flottes ont développé des bases de données de VMT⁴. Ces systèmes « hyper-processés » semblent être devenus leur propre fin. On entend dire qu'ils servent de preuves destinées à WANO ou à l'ASN. J'invite à réexaminer ce système et à laisser

⁴ Visites managériales de terrain.

l'encadrement de terrain sous la responsabilité des managers, sans vouloir le piloter ni le contrôler à tout instant depuis Paris ou Barnwood.

Concernant l'ingénierie, les managers de proximité doivent donner toute leur place à l'encadrement technique, au jugement de l'ingénieur, au sens physique, aux ordres de grandeur. Tout n'est pas justiciable de calculs 3D.

COMPÉTENCES : ENTRAÎNEMENT MÉTIER ET ENCADREMENT DE TERRAIN

Comme souligné par le rapport IGSNR 2020, les managers français doivent s'investir eux-mêmes dans l'évaluation et le développement des compétences, notamment en observant de près les résultats des stages de formation, en organisant l'entraînement et la formation continue dans leur équipe et en l'accompagnant sur le terrain.

J'apprécie que les compétences figurent au cœur de START 2025, d'Excell et de la stratégie de filière. Elles sont aussi une des composantes du projet de transformation de Nuclear Generation.

À la DPN, l'animation des métiers porte sur les processus, les attitudes et les méthodes. Je regrette qu'elle n'aborde pas assez le contenu technique, le retour d'expérience et l'évolution des métiers, qui devraient reprendre toute leur place.

Les formations de l'UFPI⁵ sont d'un bon standard mais je constate une tendance générale à privilégier les règles et la réglementation : il faut continuer avant tout à transmettre les bases techniques et les savoir-faire.

Les compétences concernent aussi la gestion de crise. L'efficacité des moyens ultimes post-Fukushima dépend aussi d'opérations de lignage ou de connexion sur le terrain. Leur opérabilité requiert d'augmenter l'entraînement des équipes des CNPE, de l'agent de terrain jusqu'au directeur local de crise, en y associant la FARN ou le DBUE.

Au Royaume-Uni, l'apprentissage généralisé (cf. chapitre 5 pour la conduite) et la maintenance courante réalisée par les sites y développent la connaissance des matériels et le « sentiment de propriétaire » : j'y ai rencontré des techniciens heureux de leur métier.

J'approuve que soit engagée en France une ré-internalisation partielle de certaines activités de maintenance afin d'assurer les compétences pratiques dont l'exploitant doit disposer. Chez un industriel du diesel, j'ai apprécié le très solide cursus type : BTS, apprentissage en alternance, premiers postes en atelier puis intervention sur site.

RECENTRER LES COMPÉTENCES ET RESPONSABILITÉS

Les hautes technologies, le grand nombre des domaines techniques, l'articulation entre design, construction et exploitation rendent les organisations matricielles et complexes par nature.

Toutefois, le morcellement des compétences et des responsabilités me frappe. On tâche d'y remédier par plus de processus, des comités et des animations. La complexité croît et il est souvent difficile de voir qui incarne la responsabilité. C'est par exemple le cas des diesels (cf. chapitre 7), des agressions (cf. rapport 2019), de la connaissance et de la maintenance des matériels, du projet Hinkley Point C, de la *Technical Client Organisation (TCO)* (cf. chapitre 8), etc.

J'invite à recentrer les compétences, à définir une responsabilité pour chaque ensemble et à veiller à ce qu'elle soit incarnée.

LE TEMPS MÉTAL, FACTEUR DE SÛRETÉ

Outre la productivité, le temps métal (temps effectif d'intervention dans une journée) est facteur d'attractivité (les soudeurs, robinetiers, électriciens veulent pratiquer leur métier), de pratique constante, de compétences, de sérénité, de qualité et donc de sûreté. Dans certains sites, on m'indique des temps métal très faibles. Et les décalages de planning ont un effet néfaste : l'attente imprévue engendre démotivation, usure, stress.



Dalle d'un réacteur AGR

⁵ Unité de professionnalisation pour la performance industrielle, relevant de la DPNT et chargée de la formation.

Il est donc urgent de lutter contre le « travail empêché » et d'alléger le parcours du combattant avant intervention. À la DPN, l'accent de START 2025 sur des plannings réalistes, robustes, partagés et tenus est essentiel à cet égard. Nuclear Generation a engagé une démarche similaire via le *Maintenance Improvement Plan*. Si l'on observe des progrès dans certains sites, le chantier demeure considérable.

Des principes permanents

Au regard des conséquences potentielles sur la sûreté de la complexité des modes de travail (cf. rapports IGSNR 2019 et 2020), le groupe EDF, exploitant nucléaire, doit s'attacher à rééquilibrer « sûreté réglée » et « sûreté gérée » selon les principes suivants :

- réduction du volume des processus et de la documentation ;
- priorité aux gestes techniques, aux compétences et à l'entraînement, au terrain ;
- responsabilisation individuelle et collective ;
- simplification et recentrage des organisations, trop morcelées ;
- refonte de la documentation d'intervention, en la centrant sur l'intervenant et en l'allégeant des dispositions les plus génériques ; elle pourrait commencer par les systèmes de sûreté.

Cela suppose de s'accorder avec les autorités de contrôle pour ce qui les concerne.

LE CONTRÔLE INDÉPENDANT COMME AIGUILLON

LES FILIÈRES INDÉPENDANTES DE SÛRETÉ (FIS) DANS LES SITES

En France, les ingénieurs sûreté (IS) possèdent de vraies compétences, manifestent une bonne liberté de parole, élaborent leurs positions de manière collective. Si la GPEC est solide et s'améliore dans la plupart des sites, elle demeure dans une situation critique dans d'autres, par manque d'anticipation ou d'attractivité des postes : il faut y remédier au plus tôt.

Les IS se plaignent toujours d'un excès de charge d'ingénierie documentaire (ex. mise à jour des Règles générales d'exploitation, RGE). Plus qu'augmenter leur nombre, réorienter leurs tâches les rendrait plus efficaces. Les sites les mobilisent trop sur l'aspect administratif des déclarations d'incidents et de la gestion des cumuls d'indisponibilités de matériels de sûreté. Une plus grande part de leur temps devrait être consacrée à l'évaluation, sur le terrain, des forces et faiblesses du site en sûreté, dont les compétences.

Les DAS⁶, qui par un effort louable se sont un peu raccourcis, contiennent beaucoup de faits et d'analyses intéressants : c'est une pratique positive, à poursuivre. J'invite à insister sur les savoir-faire et les comportements, moins sur les processus. Surtout, les DAS devraient davantage exposer une évaluation de la sûreté du site et de ses perspectives.

Au Royaume-Uni, l'*Independent Nuclear Assurance (INA)* tire parti de profils variés et compétents et développe un avis général pertinent sur le site. Elle bénéficie de la confiance de l'*Office for Nuclear Regulation (ONR)*. Dans un site proche de l'arrêt définitif, elle se projette bien vers le déchargement complet du combustible (*defuelling*). Afin d'entretenir son caractère percutant, j'invite l'INA à un peu plus de challenge quotidien, dans l'esprit des « confrontations » (cf. chapitre 5). J'appelle de nouveau à la vigilance sur sa GPEC.



Priorité à la sûreté

LES FIS DES SERVICES CENTRAUX ET DES INGÉNIERIES

Je me réjouis de l'atmosphère de coopération entre les parcs et WANO. Le travail en profondeur, lancé par la DPN ainsi que par Nuclear Generation sur les *AFI*⁷ communes à plusieurs sites, est prometteur.

⁶ Dossier d'analyse de sûreté, écrit chaque année par chaque unité de la DPN.

⁷ Area For Improvement : les axes d'amélioration préconisés par WANO.

Dans les deux parcs, j'apprécie que la fonction de directeur sûreté soit bien intégrée aux états-majors.

L'Inspection nucléaire de la DPN (IN) continue de développer les auto-mandatements ainsi que son rôle de FIS de l'état-major, ce qui est positif. Les EGE⁸, trop centrées sur la conformité aux processus, mériteraient de s'ouvrir davantage à la performance. Les recommandations de l'IN doivent être mieux intégrées et je note un mouvement en ce sens en 2021, après une période insatisfaisante. J'approuve l'organisation conjointe des EGE françaises et des revues de pairs de WANO, dont les approches et qualités sont complémentaires. Les premières expérimentations sont encourageantes.

En France, des FIS sont en place dans les projets du nouveau nucléaire et dans les unités d'ingénierie de la DIPNN et de la DPNT. Leur positionnement et leur poids sont encore peu homogènes. Les audits et vérifications documentaires se sont développés en premier ; ils apportent une plus-value. Je recommande à ces FIS naissantes d'accentuer leur rôle de *challenge* des décisions et d'alerte. À la DIPNN, le département filière indépendante de sûreté qualité (DFISQ) réalise de bons audits.

Au Royaume-Uni, les recommandations de l'INA sont suivies d'effet. J'encourage celle-ci à rédiger ses rapports semestriels dans un esprit plus critique. La FIS du projet Hinkley Point C occupe une place importante et reconnue.

L'ORGANE D'INSPECTION DES UTILISATEURS (OIU)

Comme chaque année, j'ai rencontré l'OIU en évaluant en particulier son indépendance, qui me semble effective. Sa GPEC mérite plus d'attention. Il a de bonnes relations avec ses donneurs d'ordre.

LES AUTORISATIONS INTERNES

Le dispositif, forme de délégation de l'ASN, est bien en place et ses effets, en termes de rigueur interne et de responsabilité, sont bénéfiques. Dans l'exploitation courante (dérogations aux RGE, modifications temporaires), charge et ressources sont équilibrées, conformes aux prévisions. On s'attend en revanche à un déséquilibre concernant les modifications, dont le nombre croît fortement et met sous tension les capacités de l'ingénierie du parc. J'attire aussi l'attention sur la nécessité de préparer l'intégration de Flamanville 3 dans le dispositif.

MES RECOMMANDATIONS

Afin de contribuer à la simplification indispensable à la sûreté, je recommande aux directeurs de la DPN et de Nuclear Generation :

- d'engager le réexamen des processus de reporting, afin que seules les données indispensables soient transmises aux niveaux concernés ;
- d'accentuer la présence des managers sur le terrain et, en France, de réduire le reporting informatisé et systématique des visites managériales de terrain (VMT).

Le progrès de la défense en profondeur, permis par les modifications post-Fukushima et les VD, suppose d'en maîtriser parfaitement la mise en œuvre opérationnelle : je recommande au directeur de la DPNT de faire tester l'ensemble des manœuvres et d'accroître l'entraînement en conditions opérationnelles, depuis les agents de terrain jusqu'au directeur de crise (PCD1), en y associant la FARN.

⁸ Évaluations globales d'excellence : inspections conduites par l'IN.



La sécurité au travail repose sur la prise en compte, individuelle et collective, des risques vitaux. Les résultats s'améliorent en France et restent bons au Royaume-Uni.

En radioprotection, la flotte britannique connaît quelques événements mineurs. En France, le nombre d'écarts d'accès en zone rouge, de tirs radios et d'entrées en zone contrôlée s'est réduit. Les contaminations restent trop nombreuses (dont un incident de niveau 2).

Les addictions sont incompatibles avec les activités nucléaires. De pratique courante au Royaume-Uni, les tests de consommation de stupéfiants ne sont que rarement déployés en France.

Contrôle de contamination, CNPE de Chinon

Sécurité et radioprotection : exiger un comportement exemplaire

03

Sommaire

Mon regard

01

02

03

04

05

06

07

08

09

Annexes

Abréviations

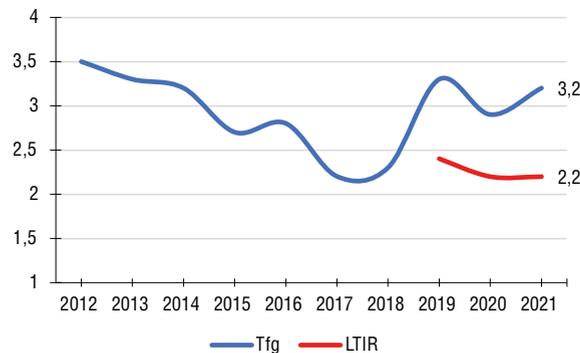
LA SÉCURITÉ AU TRAVAIL

Le groupe EDF déplore, en 2021, sept accidents mortels. Cela confirme l'impératif de respect constant des règles vitales.

Les résultats de sécurité des deux parcs nucléaires sont globalement stables. Toutefois, le nombre d'accidents sans arrêt, sans conséquences importantes, augmente. Cela dénote une baisse de vigilance et de rigueur d'application des règles, peut-être due à une certaine lassitude vis-à-vis de l'addition de règles pendant la crise sanitaire (cf. chapitre 1).

EN FRANCE, DES RÉSULTATS STATIONNAIRES

À la DPN, le *LTIR*⁹, est de 2,2, comme en 2020 et le taux de fréquence global (*Tfg*) est de 3,2 (2,9 en 2020).



Tfg et LTIR à la DPN

Le nombre d'accidents de plain-pied ou d'événements liés aux manutentions manuelles augmente.

Le nombre d'accidents liés aux risques critiques (travaux en hauteur, manutentions, travaux électriques) baisse : 4 accidents avec arrêt de travail (5 en 2020, 5 en 2019) et 6 accidents sans arrêt (7 en 2020, 11 en 2019).

À l'ingénierie, les résultats de la DIPNN sont stables avec un *LTIR* hors Flamanville 3 de 1,0 comme en 2020 ; le *Tfg* est de 2,2 (1,7 en

2020). À la DIPDE, les résultats sont aussi stables avec un *LTIR* de 1,5, comme en 2020.

À Flamanville 3, le taux de fréquence reste élevé, mais s'améliore avec un *LTIR* de 4,9 (8,3 en 2020) et un *Tfg* de 7,4 (8,9 en 2020).

Dans les sites en déconstruction, le *LTIR* est de 1,5 (1,1 en 2020).

Progresser en matière de sécurité suppose :

- l'exemplarité des managers et leur présence sur le terrain ;
- la responsabilisation tant collective qu'individuelle (accountability) ;
- la fermeté dans le respect des exigences.

AU ROYAUME-UNI, DES RÉSULTATS TOUJOURS BONS

Les résultats de sécurité sont restés bons, avec un *LTIR* de 0,3 comme en 2020 et 2019.

Le plus souvent, les intervenants connaissent les règles, mais je note une érosion de la perception du risque et une lassitude vis-à-vis de la multiplication des règles, peut-être liée à la crise sanitaire.

Nuclear Generation a lancé *TAKE 5*, initiative pour améliorer l'identification des risques avant intervention. Cela sera d'autant plus important dans les sites en fin de vie, car la nature des risques changera avec le déchargement complet du combustible (*defuelling*).

Aspersion d'hypochlorite

Un opérateur de terrain expérimenté remet en service le circuit de dosage d'hypochlorite de sodium. Conformément à la procédure, il s'apprête à manœuvrer la vanne de sortie du réservoir, située à l'extérieur du local. Cependant, la vanne de vidange du réservoir n'était pas fermée, laissant de l'hypochlorite pur se pulvériser. Intrigué par l'odeur, l'opérateur ouvre la porte pour investigation. Il est aspergé d'hypochlorite concentré sur tout le corps. Des lacunes ont été relevées : mauvais lignage antérieur du circuit, absence d'un pré-job briefing approprié, manque de connaissance, mauvaise utilisation de procédures ou d'instructions écrites. Protégé par des équipements individuels adaptés, l'opérateur n'a subi aucune lésion.

⁹ Lost Time Injury Rate ou taux d'accidents avec arrêt par million d'heures travaillées est l'indicateur le plus utilisé dans le monde.

Les résultats du chantier de Hinkley Point C continuent à progresser. Avec un *LTIR* de 0,79 (0,89 en 2020, 0,92 en 2019), ils se situent au niveau des meilleurs chantiers de ce type dans le monde. Avec l'avancement des travaux, la nature des risques évolue et le site s'y adapte. Par exemple, les travaux en hauteur ou dans des espaces confinés vont se multiplier.



Chantier de l'EPR, Hinkley Point C

LA PRÉVENTION DES ADDICTIONS : DÉVELOPPER LES CONTRÔLES EN FRANCE

L'industrie nucléaire exige une tolérance zéro vis-à-vis de la consommation d'alcool et de l'usage de substances psychoactives. Les risques sont nombreux, entre l'accident du travail, la perte de vigilance, l'erreur d'appréciation ou de conduite des installations ou une plus grande sensibilité aux tentatives de pressions malveillantes. Les changements de comportement peuvent être décelés et traités au plus tôt soit par l'environnement familial ou professionnel, soit par le management de proximité ou la médecine du travail. Les relations ne sont pas toujours clairement établies entre ces deux derniers acteurs.

Les tests de dépistage sont réguliers dans les sites britanniques : contrôles hebdomadaires aléatoires (environ 20 % de l'effectif est ainsi contrôlé chaque année), contrôles systématiques en cas d'incident à composante « facteur humain », contrôles à la demande du management. Toute personne, d'EDF Energy ou prestataire, qui signale son addiction est accompagnée et aidée. Dans le cas contraire, un test positif peut conduire au licenciement. Le faible taux de tests positifs, bien inférieur aux estimations concernant l'ensemble de la société, montre l'efficacité du dispositif.

En France, la crise sanitaire a interrompu ou fortement ralenti la modification des règlements intérieurs indispensable à la mise en place de contrôles réguliers. Je renouvelle ma recommandation d'instaurer un dispositif de dépistage périodique dans chaque unité. Celui-ci devrait se doubler de contrôles ciblés en cas de suspicion ou d'événements interrogeant le facteur humain. Il me paraît aussi nécessaire de clarifier la relation entre les managers et les équipes médicales pour la rendre plus étroite, sans empiéter sur le secret médical.

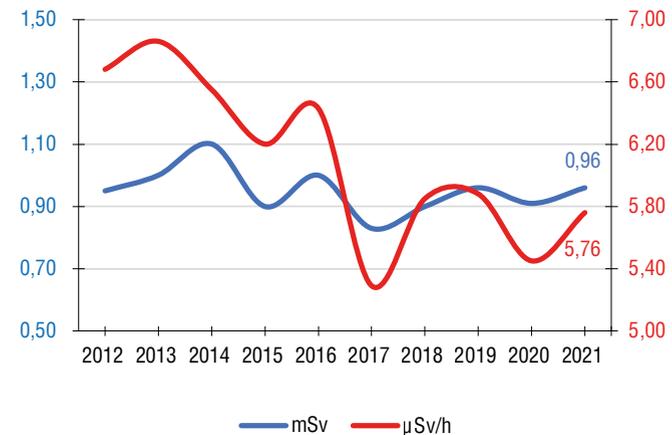
LA RADIOPROTECTION

EN FRANCE, DES RÉSULTATS ACCEPTABLES MAIS UNE FAIBLESSE PERSISTANTE

En 2021, la dose collective 0,71 H.Sv/tr est conforme à la limite fixée par la DPN (0,71), toutefois moins ambitieuse que celle d'autres exploitants mondiaux.

La dose individuelle moyenne par salarié (EDF et prestataires) est stable : 0,96 milliSievert (mSv), (0,73 en 2020). Si 189 intervenants (73 en 2020) ont reçu une dose annuelle supérieure à 10 mSv, aucun ne dépasse 14 mSv. La limite réglementaire est fixée à 20 mSv.

La dose horaire par salarié (EDF et prestataires) est la troisième meilleure performance enregistrée. Le logiciel CADOR est un bon outil qui aide à définir et à optimiser les protections biologiques à poser avant intervention. Il a permis un gain de 261 H.mSv lors de VD4 de Tricastin 2.



Dose individuelle moyenne et dose horaire EDF et prestataires F

La DPN a lancé, fin 2020, un Plan de reconquête de la radioprotection. Après une certaine lenteur au démarrage et des appropriations diverses,

il porte ses premiers fruits en matière de gestion des zones rouges et de respect des règles d'entrées / sorties en zone contrôlée. Cependant, le manque de rigueur dans certains chantiers génère de nombreuses contaminations, comme en témoigne un événement significatif de niveau 2. Les indicateurs de sécurité des tirs radiographiques s'améliorent ; j'invite néanmoins à renforcer la surveillance afin de s'assurer que les règles de base sont systématiquement appliquées.

Un événement significatif de radioprotection

Dans le bâtiment réacteur d'un REP, un intervenant est contaminé par une particule radioactive qui s'est déposée sur sa nuque. La particule est immédiatement retirée par le service médical. Cet incident est classé au niveau 2 car la dose reçue à la peau dépasse, selon des calculs majorants, la limite réglementaire annuelle. La dose du corps entier est, quant à elle, nettement inférieure au seuil réglementaire. On estime que la tenue insuffisante d'un chantier de maintenance est à l'origine de la dissémination de cette particule.

Comme mentionné pour la sécurité, plus d'exemplarité et de présence des managers sur le terrain, plus de responsabilisation collective et individuelle et plus de fermeté dans le respect des exigences sont nécessaires pour progresser. La radioprotection doit être la préoccupation de tous et pas du seul service prévention des risques.

La formation n'intègre pas toujours assez de pratique sur le terrain : je m'étonne en particulier que l'on puisse être habilité sans être jamais allé en zone contrôlée. On m'a fait remarquer que les évaluations peuvent être collectives plutôt qu'individuelles, ce qui n'est pas acceptable. L'adaptation des formations paraît donc nécessaire. Elle est intégrée au Plan de reconquête de la radioprotection et j'en observerai les effets.

La plus-value d'Everest est incontestable par le progrès et la rigueur de propreté radiologique qu'il exige. Il convient de garder à l'esprit

la discipline qu'il impose. L'accès en zone contrôlée ne doit pas être banalisé.

Dans le domaine de la déconstruction, la vigilance en matière de contamination s'impose également, en particulier la maîtrise du risque alpha.

AU ROYAUME-UNI, DES RÉSULTATS SATISFAISANTS...

Du fait des spécificités de conception, les doses collectives dans les réacteurs AGR sont par nature inférieures à celles reçues dans les REP. Les règles d'intervention continuent à être bien maîtrisées. En 2021, la dose collective reste faible : 0,12 H.Sv par réacteur (0,013 en 2020, 0,032 en 2019). Le nombre d'événements de contamination a également diminué. Une part de ces baisses peut néanmoins avoir pour origine le report d'arrêts de tranche.

La dose collective du REP de Sizewell B s'est élevée à 0,383 H.Sv (0,031 en 2020, 0,26 en 2019). Cette hausse a pour origine la prolongation de la durée d'intervention sur les manchettes thermiques du couvercle de cuve. Ces travaux ont été bien menés et je suis satisfait de la coopération étroite entre Nuclear Generation et la DPN.

La dose individuelle maximale reste faible à 5,9 mSv (2,2 mSv en 2020, 4,37 mSv en 2019).

... ET DES POINTS D'ATTENTION

Comme en sécurité, quelques comportements inappropriés ont été observés. Là aussi, bien que connaissant les règles, certains ont manqué de rigueur et les ont contournées.

Pour la première fois depuis cinq ans, le balisage lors d'un tir radiographique n'a pas été respecté, heureusement sans conséquence radiologique.

Si des écarts, comme des non-respects de contrôle de contamination en zone contrôlée, n'ont eu que peu de conséquences, je préconise que les comités radioprotection des sites (ALARP) veillent au renforcement des comportements attendus.

MES RECOMMANDATIONS

Les dispositions sanitaires ont pu faire passer au second plan le respect systématique d'un certain nombre de règles. Je recommande aux directeurs de la DPNT, de la DIPNN et d'EDF Energy de veiller à redonner toute sa place au strict respect des règles vitales. En France, je renouvelle ma recommandation sur la prévention des addictions.

Je recommande au directeur de la DPN de s'assurer que les managers font partout appliquer sur le terrain les règles inscrites dans le Plan de reconquête de la radioprotection.



Le groupe intégré EDF a la capacité d'apporter un appui aux sites pour améliorer leur performance.

Nuclear Generation et DPN s'emploient à mieux identifier et soutenir avec plus d'anticipation les sites dont les performances ne seraient pas satisfaisantes.

Des méthodes éprouvées au niveau international sont disponibles (INPO 12-011 et WANO Guideline 2015-01).

Un champion olympique

Mieux appuyer les sites aux performances en baisse 04

Historiquement, les baisses de performance de sites ont souvent pour origine le retard à en accepter les causes profondes, comme la perte du « sentiment de propriétaire » des installations et la déconnexion des managers avec le terrain. La pression externe peut accroître la difficulté à trouver la sérénité nécessaire. Les plans d'actions, souvent trop ambitieux, sont insuffisamment priorisés et doivent être régulièrement revus. Les missions d'assistance ne sont pas toujours coordonnées.

Et pourtant, après une prise de conscience plus ou moins longue, des sites ont réussi à inverser la tendance grâce à une réaction collective du personnel, au retour du management sur le terrain et à la continuité dans le temps d'actions priorisées. Des missions d'assistance ciblées les ont aidés à engager les actions correctives.

Les directions de Nuclear Generation et de la DPN ont récemment décidé de mieux anticiper pour identifier les sites concernés et leur apporter à temps un appui. Elles disposent d'informations abondantes, quoique insuffisamment agrégées, et de moyens d'assistance nationaux ou locaux. Avec l'aide de WANO, elles veulent tirer parti du retour d'expérience international.

MIEUX APPRÉCIER LES RÉALITÉS DE TERRAIN

ORGANISER UN SUIVI PLUS QUALITATIF

Les deux flottes ont récemment mis en place un suivi plus fréquent des performances.

Nuclear Generation a lancé, en 2020, un suivi des sites en continu (*COntinuous MOonitoring, COMO*) en s'appuyant sur les méthodes de l'INPO. Tous les trois mois, sur la base de données quantitatives et qualitatives, les *Fleet Managers (FM)* transcrivent leur appréciation de situation dans un document commun (*Area Monitoring Insight*) partagé avec les sites concernés, puis discuté en réunion collégiale (*Collegial Review Meeting, CRM*) en présence du *Chief Nuclear Officer*. L'évolution des performances des six mois suivants est estimée à partir de l'analyse de l'efficacité de l'organisation, des compétences du personnel et de la charge industrielle.

Après une phase expérimentale, une fois les réticences du terrain disparues, *COMO* reçoit aujourd'hui un accueil favorable des parties prenantes. Son succès repose sur des relations proches et transparentes entre les *FM* et leurs interlocuteurs des sites. Il est généralisé aux sites de la région 2. J'observe toutefois la difficulté à suivre les décisions et à mobiliser au bon moment les ressources d'appui.

La direction de la DPN mène avec les directeurs de site une revue de performance mensuelle, qui examine 120 indicateurs de pilotage et 20 indicateurs de performance et compare les sites entre eux.

Elle complète sa « vision des unités », via une revue semestrielle, lors de laquelle les directeurs des opérations (DDO) présentent une évaluation de chaque site, à partir d'indicateurs et de données plus qualitatives. J'ai observé des échanges constructifs, recherchant une appréciation sans concession. Toutefois, des visites sur site des DDO, plus centrées sur la compréhension des réalités du terrain, pourraient aider à plus rapidement détecter les baisses de performance et à engager les actions correctives.

METTRE À PROFIT LE CONTRÔLE INTERNE ET LES REGARDS EXTERNES

Au Royaume-Uni, l'équipe *INA* locale évalue régulièrement les performances du site en croisant sa vision de terrain avec l'ensemble des données et indicateurs. Chaque semaine, elle partage sa perception avec le *Plant Manager*. Tous les six mois, elle identifie les trois axes d'amélioration principaux et contrôle les progrès réalisés.

Chaque site fait l'objet d'un audit complet de l'*INA*, échelonné sur quatre ans. Les revues de pairs de WANO font l'objet d'une attention soutenue pour traiter les axes d'amélioration (*AFI, Area For Improvement*) dans les délais, 88 % sont traités au bout de deux ans. Entre ces revues, les correspondants de site de WANO dialoguent très régulièrement avec le site et peuvent émettre des alertes. Ces dernières années, celles-ci n'ont pas toujours été prises en compte dans un délai satisfaisant.

Le rôle du *Nuclear Safety Review Board (NSRB)* vient d'être modifié pour le dédier à des missions d'assistance sur des thèmes précis plutôt qu'à des missions d'évaluation complète. Je constate la disparition d'un outil de détection et j'engage Nuclear Generation à orienter ses missions futures sur les sites en difficulté.

En France, les Évaluations globales d'excellence (EGE) de l'inspection nucléaire de la DPN dressent, une fois tous les quatre ans, une revue complète de la conformité de chaque site aux référentiels. Centrées sur les processus internes, elles n'apprécient toutefois pas suffisamment la performance réelle. L'IN n'intègre pas assez d'éléments plus informels, pourtant essentiels à l'appréciation de la sûreté et à la détection précoce de signes de faiblesse.

Les revues de pairs de WANO sont accueillies tous les quatre ans. Les résultats des revues de suivi, menées deux ans plus tard, indiquent qu'en moyenne seuls 65 % des *AFI* sont traités correctement. Les expériences en cours de missions combinées IN WANO devraient rendre les deux dispositifs plus efficaces. Je les observerai avec intérêt.



NE PAS TOUT ATTENDRE DES INDICATEURS

En complément des revues de pairs (*Peer Reviews*), WANO a récemment renforcé le suivi des performances avec 53 indicateurs trimestriels, transmis à WANO par les sites. Les événements doivent être communiqués et analysés avec soin. Des visites thématiques sont organisées par les correspondants de site de WANO. Une revue trimestrielle de performance examinera la situation de chaque site.

Je m'interroge sur l'efficacité réelle de ce dispositif de suivi par indicateurs, redondant avec ceux des deux exploitants. Les revues de pairs sont la principale force de WANO : fondées sur l'observation, les faits de terrain et l'expérience opérationnelle des pairs, elles dressent un portrait crédible et sans concession du site. Cela souligne l'importance de mieux prendre en compte les informations variées, concrètes, de première main, disponibles dans les états-majors de chaque flotte.

J'apprécie que les directions respectives des deux flottes partagent régulièrement leur vision d'ensemble avec leurs autorités de sûreté : ces regards croisés sont une occasion supplémentaire d'identifier les difficultés possibles. En France, l'instauration par l'ASN d'un contrôle des sites, *via* une centaine d'indicateurs, ne fera que s'ajouter aux dispositifs analogues de l'exploitant, entraînant une nouvelle charge de reporting, sans plus-value.



Médaillée d'or

UTILISER LES CRITÈRES DE DÉTECTION DISPONIBLES

Dans les deux flottes, au-delà des indicateurs de performance et de pilotage, des signes d'alerte sont disponibles dans les états-majors. On les retrouve largement dans les guides et méthodes internationaux. Le retour d'expérience confirme leur pertinence. Je regrette toutefois qu'ils ne soient pas systématiquement intégrés aux grilles d'évaluation.

Sans prétendre à l'exhaustivité, les critères suivants sont classiquement retenus :

- repli sur soi du site, organisations implicites et contournées, absence de vision collective des managers, coopération insuffisante entre métiers (silotage), éloignement entre la direction et le terrain ;
- fragilité de la gestion prévisionnelle des emplois et compétences sensibles (y compris l'équipe de direction), attention insuffisante portée à la formation et aux entraînements ;
- déni de la direction et du personnel face à des résultats en baisse (même s'ils restent à un niveau acceptable) et à la nécessité de se remettre en question ;
- priorité à la production plutôt qu'à la sûreté et perte du leadership des chefs d'exploitation ;
- écoute réduite de la filière indépendante de sûreté ;
- état dégradé de matériels et difficulté à réparer les défaillances, retards dans la maintenance préventive, propreté insuffisante des installations et budget non tenu ;
- fréquence des demandes de dérogation ;
- intégration insuffisante des facteurs humains dans l'analyse des événements ;
- absentéisme, augmentation du nombre d'accidents du travail.

Il est tout aussi important de s'intéresser aux critères de succès que d'observer les facteurs de déclin. À l'analyse des sites performants dans la durée, je retiens en particulier :

- ouverture et échanges avec l'externe ;
- solidarité entre les services ;
- personnel propriétaire des installations et fier d'atteindre de bons résultats ;
- travail permanent sur les comportements, les compétences et les fondamentaux plutôt que sur l'ajustement continu des processus et des procédures ;
- relations partenariales avec les prestataires.

ORGANISER L'APPUI AU BON MOMENT

Les deux flottes présentent des situations similaires. Les compétences existent dans les états-majors et dans les sites. La volonté est visible dans toutes mes visites. Mais le management peine à engager un appui structuré au bon moment et ne dispose pas d'une boîte à outils suffisamment organisée.

LES DIRECTEURS DES OPÉRATIONS : UN RÔLE STRUCTURANT

Dans les deux flottes, les DDO (DPN) et les CNO (Nuclear Generation) sont expérimentés et connaissent bien les problématiques des sites, ayant exercé leur activité dans des centrales pendant de nombreuses années. Ils peuvent accéder à l'intégralité des informations et les compléter par les visites de terrain qu'il leur faut multiplier et approfondir.



Jeux paralympiques de Londres

Je les encourage à poursuivre leurs efforts pour aider les directeurs de site à clarifier à temps leurs besoins d'appui. Il leur faut aussi faciliter la solidarité intersites pour mobiliser les assistances nécessaires. Enfin, je les invite à porter une attention toute particulière aux avis des filières indépendantes de sûreté et aux audits.

STABILISER ET DOCUMENTER LA MÉTHODOLOGIE

Des sites ont renoué avec la performance, grâce à des plans de rigueur d'exploitation (PRE de la DPN) ou des *Recovery Plans* (Nuclear Generation). Chacun a puisé dans les pratiques passées des méthodes pour les transposer à son propre cas. Si cette démarche empirique produit des effets positifs, elle ne structure pas suffisamment les quatre phases du redressement, telles que déclinées par WANO.

La phase de diagnostic, essentielle à la prise de conscience du management et du personnel, nécessite du temps, mais aussi un regard et une impulsion externes. Je regrette que le temps nécessaire au partage de ce diagnostic soit trop souvent réduit.

La phase d'identification des points d'amélioration doit hiérarchiser les champs d'action et associer tous les niveaux de management. Les sites ont des ambitions fortes et, de ce fait, des difficultés à mettre en avant et à limiter les domaines d'action.

La phase du plan d'actions : la culture des deux flottes permet d'élaborer des actions détaillées, hiérarchisées, suivies par des indicateurs et bornées dans le temps. Le plus souvent, certaines de ces actions concernent aussi les services centraux.

La phase de sortie doit s'appuyer sur des critères parfaitement définis. Lorsque le site retrouve ses performances, les progrès et les réussites doivent être valorisés.

Des succès ont été enregistrés par les deux flottes. Mais la situation reste contrastée. Certains sites ont eu des difficultés liées soit à un engagement tardif du plan de redressement, soit à une priorisation faible ou à un « silotage » des actions et, trop souvent, à l'implication insuffisante des managers de première ligne. Dans tous les cas, je rappelle le besoin de continuité des managers dans leur poste, cohérente avec la durée du plan.

CONSTRUIRE DES MÉTHODES D'APPUI RÉPLICABLES

Les flottes française et britannique confirment leur volonté et leur capacité d'appui aux sites :

- des experts ont pu aider à recouvrer un bon état des matériels, par la mise à niveau du programme de maintenance préventive et le traitement d'aléas techniques récurrents ;
- des ressources de conduite provenant de plusieurs sites ont renforcé des compétences ;
- des analyses de culture de sûreté ont aidé au diagnostic ;
- des DDO / CNO ont accru leurs visites de terrain et apporté un soutien personnalisé aux directeurs de site concernés ;
- des revues de pairs internes, sur des points particuliers, ont dégagé des actions correctrices.

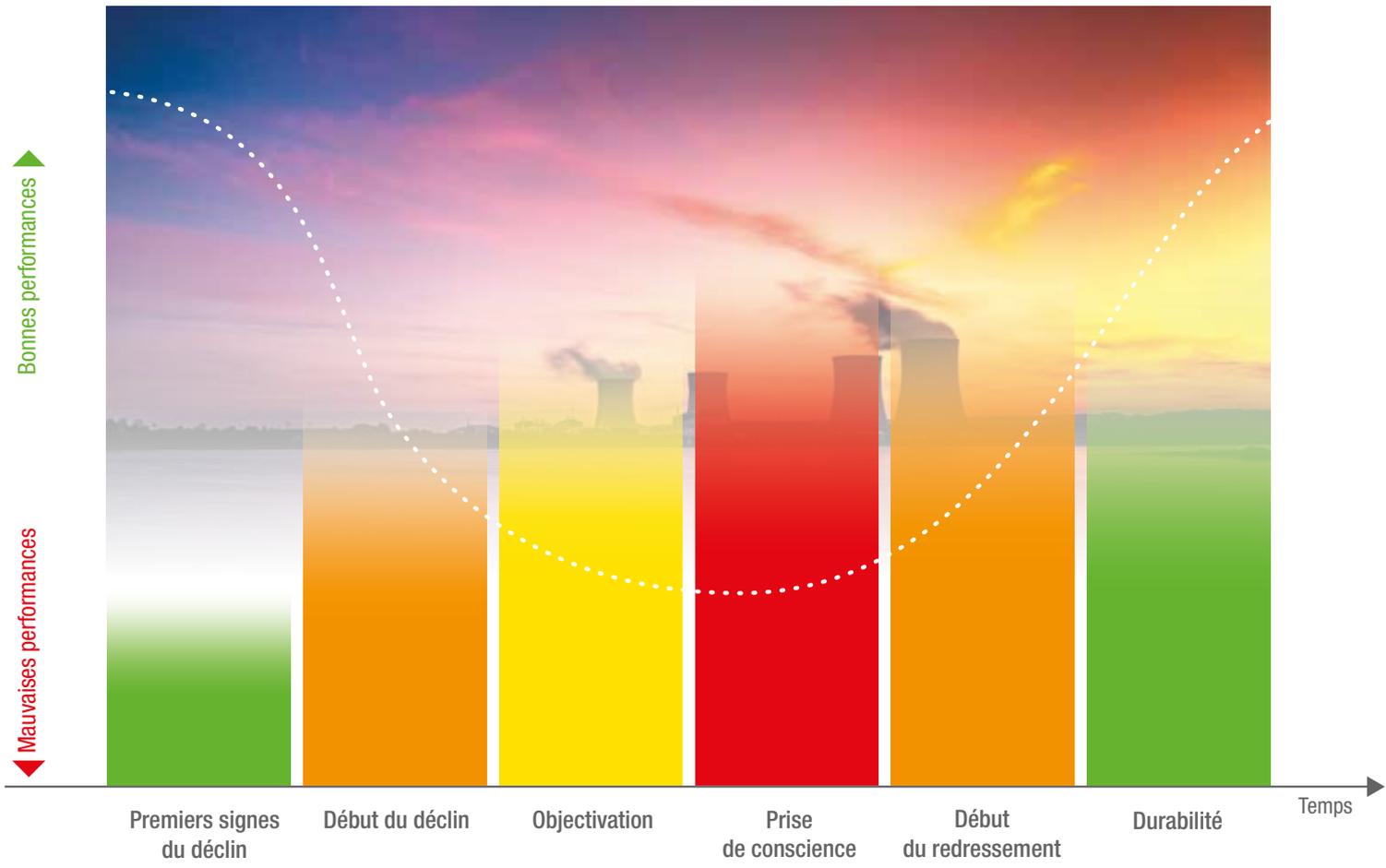
L'aide externe de WANO est aussi sollicitée.

Je suggère que chaque direction, DPN et Nuclear Generation, coordonne mieux les assistances internes, emploie les méthodes d'appui reconnues et s'autorise au besoin une approche plus intrusive.

MA RECOMMANDATION

Afin d'améliorer la détection des sites en difficulté et de les aider à retrouver de bonnes performances, je recommande aux directeurs de Nuclear Generation et de la DPN :

- de compléter l'analyse des indicateurs par l'évaluation de critères qualitatifs ;
- d'engager au plus tôt les plans de redressement, en respectant scrupuleusement leurs quatre phases ;
- de lancer des actions d'appui, de manière intrusive si nécessaire ;
- d'analyser la part de responsabilité des services centraux et d'engager leurs plans de progrès.



Le cycle de performance

Sommaire

Mon regard

01

02

03

04

05

06

07

08

09

Annexes

Abréviations



SURVEILLANCE DE L'INSTALLATION MONITOR PLANT INDICATIONS



MAÎTRISE DES CHANGEMENTS D'ÉTAT CONTROL PLANT EVOLUTIONS



ATTITUDE PRUDENTE ET CONSERVATIVE CONSERVATIVE BIAS



TRAVAIL EN ÉQUIPE TEAMWORK



COMPÉTENCES KNOWLEDGE

Les équipes de conduite ont une responsabilité spécifique vis-à-vis de la sûreté et de la production. Le service Conduite est, à ce titre, le chef d'orchestre du site.

Il revient au management de garantir les conditions pour que ce rôle puisse s'exercer. Les équipes de conduite doivent, pour leur part, avoir une compétence et un comportement exemplaires.

Conformes aux standards internationaux, les fondamentaux de la conduite sont décrits dans le Noyau de cohérence conduite (NCC) en France et dans une *Integrated Company Procedure (ICP)* au Royaume-Uni.

Les fondamentaux de la conduite : un standard qui s'impose

05

Sommaire

Mon regard

01

02

03

04

05

06

07

08

09

Annexes

Abréviations

Les fondamentaux de la conduite explicitent les pratiques et comportements attendus du personnel en quart et hors quart. Ils sont transverses aux méthodes, processus et organisations. Ils s'appuient sur un référentiel international éprouvé que les flottes française et britannique ont adopté.

LA CONDUITE FIXE LES PRIORITÉS DE L'EXPLOITATION

La performance d'un site repose sur un service Conduite qui applique et fait appliquer, au quotidien, les exigences de la sûreté nucléaire. Le chef d'exploitation (CE) et le *Shift Manager (SM)* doivent être leaders de l'exploitation. Les deux flottes ont vécu une longue période d'exploitation stable. Au Royaume-Uni, la préparation du déchargement complet du combustible, avant démantèlement des réacteurs *AGR*, crée un nouvel environnement. En France, le respect des standards est affecté par les lourds travaux de maintenance, réacteur en puissance (anticipation des visites décennales), qui engendrent sollicitations multiples de la salle de commande, foisonnement des échafaudages, interventions dans des locaux sensibles. Il faut que ces conditions n'aient pas de conséquences sur la sûreté et que les standards et « le calage de l'œil » n'en soient pas affectés durablement. J'y porterai une attention particulière.

En France, le CE de quart pilote la réunion quotidienne « focus opérationnel » et il y explicite les priorités de sûreté, qui sont généralement bien prises en compte. Au Royaume-Uni, l'adjoint du chef de service Conduite pilote la réunion quotidienne *Operational Focus*. Il garantit ainsi la cohérence des exigences exprimées par les différents *SM* et une plus grande continuité dans le pilotage des demandes d'intervention. Le *SM* renforce les demandes en réunion. La conduite est aussi responsable du *housekeeping* (tenue des installations) et s'en trouve confortée lorsqu'elle fait valoir ses exigences.

Dans les deux flottes, les trop nombreux événements de consignations et de lignages ainsi que la recrudescence d'écarts aux spécifications techniques réduisent la légitimité des CE et des *SM* et nuisent à leur leadership.

LA « CONFRONTATION CE / IS » : UNE SINGULARITÉ FRANÇAISE

En France, le service Conduite et la filière indépendante de sûreté (FIS) font un point de sûreté quotidien, nécessaire, utile et singulier dans le

monde. Cette réunion est mature mais trop de formalisme peut nuire à sa plus-value, surtout si elle se consacre aux seuls classements des indisponibilités de matériels ou aux débats byzantins sur les critères de déclaration des événements.

Au Royaume-Uni, une rencontre plus informelle est organisée entre le *SM* et un représentant de l'*Independent Nuclear Assurance (INA)*. Mais son rythme n'est pas régulier, en particulier quand l'équipe *INA* n'est pas complète. Je préconise de rendre cette rencontre journalière et de l'instaurer dans l'exploitation des réacteurs EPR britanniques.



Agents de terrain, centrale de Hynkley Point B

LA SURVEILLANCE : UN DES CINQ FONDAMENTAUX

Les agents de terrain sont le regard déporté de l'équipe de quart. Ils connaissent l'installation et en assurent la surveillance locale. Nombre d'entre eux font preuve d'une forte motivation et ils estiment leur métier valorisant. En France, ils semblent souffrir d'un certain isolement, d'autant plus que leur manager, le délégué sécurité en exploitation (DSE), se concentre sur la gestion des consignations.

À la DPN, la généralisation de la fonction de « pilote de tranche » améliorera la capacité de surveillance en salle de commande, les opérateurs au pupitre pouvant se concentrer pleinement sur les indicateurs et alarmes et le pilote de tranche assurant la surveillance d'ensemble, s'il a une expérience confirmée en conduite.

Au Royaume-Uni, l'organisation est stabilisée dans les réacteurs AGR depuis plusieurs années : le *Control Room Supervisor (CRS)*, tourné vers les pupitres et les opérateurs, surveille les activités dans la salle de commande, unique pour deux réacteurs.

LA SÉRÉNITÉ EN SALLE DE COMMANDE, GARANTE D'UNE SURVEILLANCE RIGoureuse

Au plan international, la sérénité en salle de commande est jugée indispensable à la surveillance et à la conduite des installations, en situation normale comme en situation perturbée. Les accès physiques et téléphoniques sont restreints et filtrés. La DPN et Nuclear Generation en partagent le principe.

Au Royaume-Uni l'équipe du *Work Execution Centre* protège la salle de commande des sollicitations parasites, tout en gardant le lien avec elle, et le CRS assume rigoureusement son rôle, en préservant la sérénité. Je suggère de porter une attention particulière à la salle de commande de manutention du combustible (fuel route), qui subit un nombre croissant de sollicitations téléphoniques dans la phase de préparation du déchargement complet du combustible.

En France, les entrées en salle de commande sont filtrées par badge. Le pilote de tranche filtre les sollicitations vers les opérateurs. La période de confinement a imposé une stricte limitation des accès en salle de commande pour préserver les opérateurs de toute contamination Covid. Cela démontre la possibilité d'obtenir une des conditions de sérénité en salle de commande. Cet objectif est d'ailleurs mis en avant dans le projet START 2025 de la DPN. Je constate trop de sollicitations téléphoniques en heures ouvrées et beaucoup de perturbations dues aux demandes d'inhibition de capteurs de détection incendie. Des efforts restent donc à faire pour que les standards soient définis, acceptés et respectés de manière plus homogène entre sites.

Ce domaine pourrait être une source de partage et d'échanges entre les deux flottes.



Salle de commande de 1300 Mwe

LA MAÎTRISE DES CHANGEMENTS D'ÉTAT : AMÉLIORER LA GESTION DE LA RÉACTIVITÉ EN FRANCE

La maîtrise de la réactivité est l'objectif n°1 du nucléaire. Elle me semble trop souvent banalisée et la détermination de la DPN pour lui redonner la rigueur attendue est opportune : elle fait l'objet d'un plan et figure dans les quatre indicateurs clés de sûreté.

En 2021, 57 écarts liés à la maîtrise de la réactivité ont été identifiés. Parmi ces événements, je retiens notamment la non-maîtrise du risque de dilution, lors d'intervention de maintenance, et une injection de bore, indisponible par erreur de lignage.

Je suis convaincu que les progrès nécessaires viendront moins de l'adaptation des processus ou des procédures que d'un travail permanent sur les fondamentaux :

- surveiller l'installation ;
- maîtriser les changements de configuration ;
- avoir une démarche prudente (par exemple, appliquer les pratiques de fiabilisation des interventions PFI lors des dilutions) ;
- travailler en équipe ;
- réaliser les entraînements (pilotage à faible flux, convergence et divergence, suivi de charge).

Il en résultera une simplification des procédures (aujourd'hui une procédure de divergence comprend plus de 100 pages !).

LA DÉMARCHE PRUDENTE ET CONSERVATIVE : POUR SUIVRE L'EFFORT

La situation est similaire des deux côtés de la Manche. Les outils existent, sont connus et efficaces. Mais ils ne sont pas toujours mis en œuvre avec rigueur, ni assez repris dans les programmes de formation continue. Seraient-ils négligés par excès de confiance ?

Une méthode claire et structurée décrit les principes de prise de décision opérationnelle (*ODM* et *CDM* au Royaume-Uni). Mais sa mise en œuvre, notamment l'analyse approfondie des vraies causes d'un événement, n'est pas toujours adaptée aux situations rencontrées. Cela peut nuire à l'obtention d'une décision conservatrice. J'encourage la FIS à davantage analyser à froid la manière dont les décisions ont été prises.

Les pratiques de fiabilisation des interventions (PFI) restent trop souvent mal appliquées, notamment faute de continuité dans la démarche. Leur mise en œuvre nécessite plus de compagnonnage et de formation. Elle doit dépasser la seule désignation de référent ou *champion*. C'est une pratique de tous les jours que chacun se doit d'appliquer avec discipline.

LE TRAVAIL EN ÉQUIPE : UNE SITUATION CONTRASTÉE

EN FRANCE, DES INTERACTIONS À CLARIFIER

La répartition des rôles dans l'équipe de quart a évolué et marque un progrès.

Le CE est plus disponible pour être présent sur le terrain, une de ses missions de base. Je regrette qu'on lui impose des visites managériales de terrain (VMT) à la programmation trop formelle et aux thématiques imposées.

Le CED doit être la voix de la conduite dans les interventions sur les installations, réacteur en fonctionnement (TEM) ou en arrêt pour maintenance (AT), place qu'il a parfois du mal à occuper. J'encourage la DPN, via le projet Conduite START 2025, à revoir son parcours de professionnalisation qui ne doit pas se limiter à la maîtrise des situations accidentelles.

En salle de commande, le pilote de tranche supervise les opérations, fait respecter l'ordre et le calme, et contrôle en temps réel la qualité de la surveillance effectuée par les deux opérateurs. L'analyse *a posteriori* des presque arrêts automatiques de réacteur (AAR) montre que l'équipe de conduite a su intervenir positivement et que la présence du pilote de tranche commence à porter ses fruits. La robustesse de la gestion prévisionnelle des emplois et des compétences de cette population de plus de 300 personnes est essentielle au maintien de la légitimité et de la valeur ajoutée de ce nouvel emploi.

En sa qualité de responsable des bureaux de consignation, uniques (BCU) ou non selon les sites, le DSE doit se concentrer sur l'expertise consignation, domaine dans lequel la conduite doit progresser. Il est aussi devenu le manager des agents de terrain. Il a un éventail d'activités plus large que le chargé de consignation de la précédente organisation et sa montée en compétences doit se poursuivre.

Les services conduite peinent à mettre en œuvre la nouvelle organisation et n'obtiennent pas tous les bénéfices attendus, en termes de performances de sûreté. Il est nécessaire d'ajuster les rôles des CED et DSE et de les accompagner, de consolider celui du pilote de tranche, de dégager du temps au CE, d'asseoir son autorité et de développer son leadership.



Travail collectif en salle de commande

En 2017, l'IGSNR avait souligné la pertinence des *CPO* (*Crew Performance Observation*) pour évaluer sur simulateur le travail collectif de l'équipe de quart. Cet outil, développé par WANO, est généralisé lors des revues de pairs, tous les 4 ans. Le rapport IGSNR 2020 invitait à étendre cette pratique à toutes les équipes de quart, avec des ressources internes. Je renouvelle cette invitation.

AU ROYAUME-UNI, UNE SITUATION STABILISÉE

Dans les réacteurs *AGR*, l'organisation de la salle de commande est stable depuis de nombreuses années. Elle comprend un *CRS* et deux opérateurs (*reactor desk engineers, RDE*), un pour chaque réacteur. À Sizewell B, un *CRS*, un opérateur réacteur et un assistant opérateur conduisent l'installation. Les opérateurs assurent la surveillance et le contrôle du réacteur et des parties conventionnelles. Le *CRS* garde la

vue d'ensemble et a la responsabilité principale de tous les systèmes communs. Un appui supplémentaire est fourni par l'ingénieur de conduite, si besoin. Hinkley Point C prévoit une organisation similaire.

Avant tout transitoire sensible, un opérateur supplémentaire participe à l'entraînement préalable de l'équipe puis rejoint la salle de commande. Cependant, des événements récents montrent la difficulté pour le SM et le CRS à garder une vue d'ensemble pertinente en toute situation. C'est un axe d'amélioration.

Nuclear Generation réalise maintenant des CPO. Les commentaires sont positifs. Je suis satisfait que certaines parties de l'approche CPO soient intégrées dans des sessions de formation aux transitoires courants d'exploitation sur simulateur.

LA COMPRÉHENSION DU FONCTIONNEMENT : S'ENTRAÎNER ET ACCOMPAGNER

La conduite, en première ligne face à la machine, doit maintenir un haut niveau de compétences.

En France et au Royaume-Uni, les formations sont structurées et denses. Un programme local est élaboré par chaque site sur la base d'un référentiel national. Après une formation initiale habilitante, chaque opérateur bénéficie de dix jours par an sur simulateur, à l'issue desquels des axes de progrès sont identifiés. Tous les deux ans, une évaluation sur simulateur conditionne le renouvellement des habilitations. Les échecs sont marginaux. Je regrette que plusieurs transitoires sensibles (divergence, changements d'état, vidange du circuit primaire, etc.) ne fassent pas suffisamment partie des programmes de recyclage.

EN FRANCE, DYNAMISER COMPAGNONNAGE ET AUTOFORMATION

Le rajeunissement des équipes a réduit la capacité de compagnonnage par les plus anciens, rendant d'autant plus nécessaire l'autoformation. J'observe une réticence à utiliser des moments disponibles pour se former en équipe et mieux comprendre le fonctionnement des circuits. Utiliser les quarts de nuit, sanctuariser des jours hors quart pour la formation, encourager les entraînements sur simulateur en libre-service, travailler les dossiers de systèmes élémentaires, s'approprier les événements marquants sont autant d'opportunités à saisir.

L'événement INES de niveau 2, survenu lors de la vidange d'un circuit primaire en 2019, a fait l'objet d'une information générale dans les équipes. Je note cependant le manque d'appropriation et d'intégration effective dans les formations et entraînements est manifeste.

AU ROYAUME-UNI, UN SERVICE CONDUITE INVESTI DANS LA FORMATION

Le renouvellement important du personnel Conduite a induit une perte d'expérience et de savoir-faire. La formation a été renforcée, en

particulier celle touchant le facteur humain. Cet effort doit se poursuivre car le recrutement et la fidélisation du personnel de conduite resteront un défi.

Les manageurs des services Conduite sont très impliqués dans le processus de formation. Le SM lui-même observe son équipe et pilote le débriefing en fin de formation. En général, deux personnes sont détachées au service formation du site ; c'est un passage valorisé dans le parcours professionnel.

La formation des apprentis fait l'objet d'une attention particulière et d'un investissement lourd. Elle semble appréciée des apprentis eux-mêmes malgré la durée et la mobilité imposée : deux ans de formation dans une base de la Royal Navy, puis deux ans dans leur site en formation par compagnonnage avec un mentor. Débutant par la maintenance avant de rallier la conduite, le parcours de ces techniciens me semble de nature à bien les préparer à la compréhension et au fonctionnement des systèmes.

L'ANIMATION DES FONDAMENTAUX : UN TRAVAIL DE TERRAIN

En 2017, l'IGSNR recommandait aux directeurs des deux parcs de mieux faire appliquer les cinq fondamentaux de la conduite. Il reste du chemin à parcourir.

Si les deux flottes ont une approche différente, un travail en commun, avec l'appui de WANO, devrait permettre des progrès sensibles.



Vous avez le choix

EN FRANCE, TRAVAILLER LES COMPORTEMENTS AVANT LES PROCESSUS

Les fondamentaux sont déclinés en processus élémentaires plutôt qu'en comportements attendus dans toutes les activités. Ainsi, certains sites ont développé 150 critères pour décrire les fondamentaux de la conduite. Cette confusion figure dans une annexe du NCC.

Chaque CE est chargé de l'évaluation périodique d'un des cinq fondamentaux. La démarche est perçue positivement par les manageurs du service conduite. Les acteurs de terrain sont associés à l'évaluation mais leur implication est variable. À l'issue de cette analyse, un plan d'actions sur 6 à 12 mois est révisé. Mais il reste le plus souvent fondé sur la mise en place d'outils, de groupes de travail, ou d'animateurs. Ses nombreuses actions ne touchent pas suffisamment l'intervenant sur le terrain.

Les analyses d'écart ou d'événements, les briefings de début ou fin de quart, les évaluations lors des formations ne sont pas saisis comme des opportunités d'aborder la bonne application des fondamentaux.

Les efforts engagés par le projet Conduite de START 2025 sont encourageants et confirment le changement culturel à réaliser. Je note l'initiative positive dans cinq sites pilotes, avec l'appui de WANO.

AU ROYAUME-UNI, DES APPORTS À CONCRÉTISER D'AVANTAGE

Une animation structurée a été mise en place, il y a cinq ans, en adaptant les standards de l'INPO. En particulier, chaque fondamental est décrit, par activité, pour chaque membre de l'équipe de conduite (de l'agent de terrain jusqu'au SM). Cela permet à chacun d'évaluer sa responsabilité personnelle (*accountability*). Les fondamentaux sont examinés par tous les agents de l'équipe : à l'occasion des briefings /

débriefings, à la suite d'un événement, en formation, lors de réussites. La démarche est acceptée et soutenue par les équipes.

Mais le nombre d'événements de lignages ou d'écarts aux spécifications techniques reste élevé. Les causes principales ne viennent pas de processus incomplets ou de manque de connaissances techniques, mais plutôt de comportements inadaptés touchant l'ensemble des métiers. Cela souligne la nécessité de renforcer l'application des fondamentaux pour que les changements soient effectifs.

Trois événements mettant en jeu des fondamentaux

Lors d'un essai périodique, un transmetteur de pression défectueux est déclaré indisponible. Il a été découvert plus tard qu'il l'était déjà lors du test mensuel précédent, dépassant ainsi la durée d'indisponibilité acceptable.

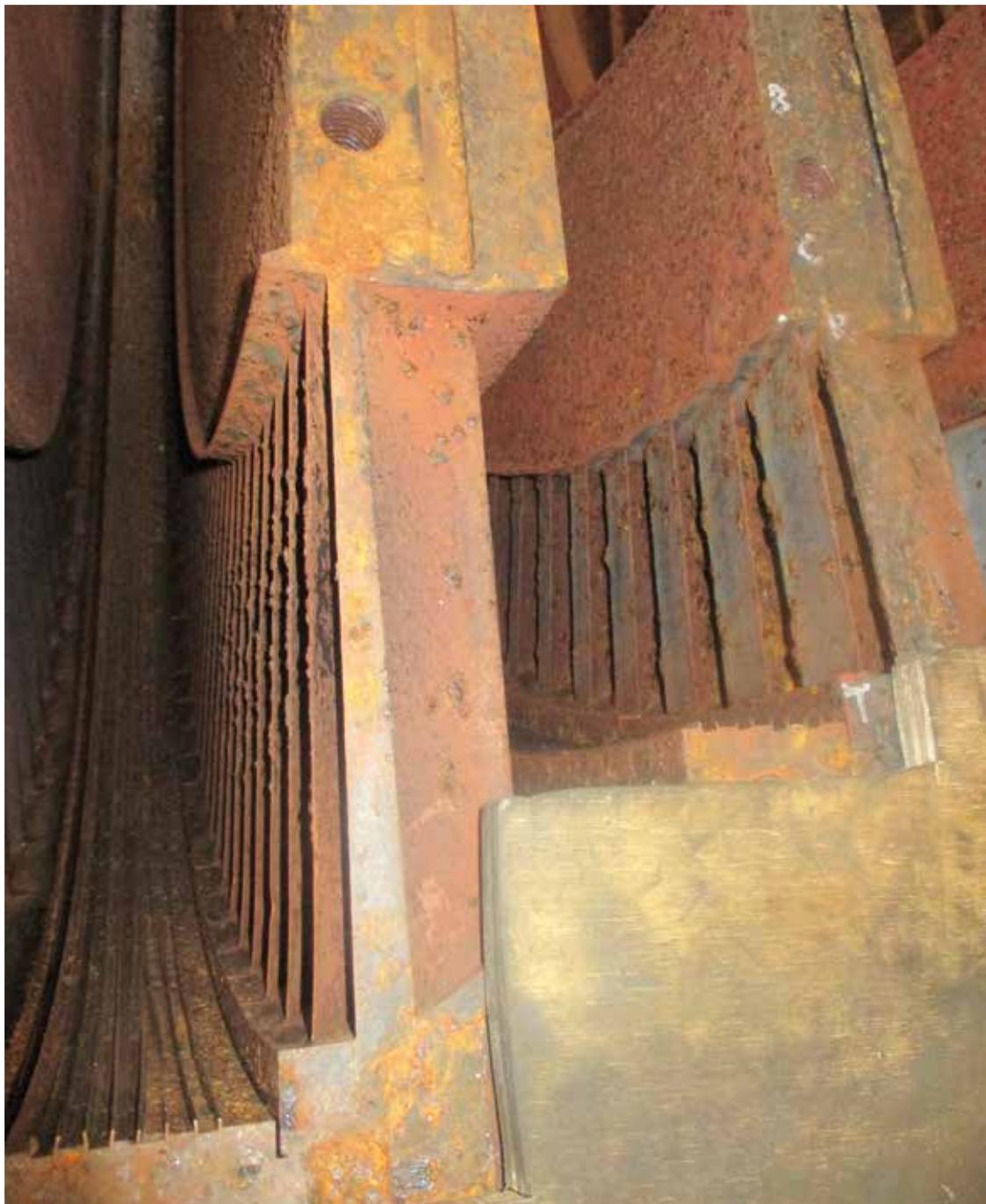
Les opérateurs vérifient quotidiennement le bon fonctionnement des matériels importants pour la sûreté, dans le respect des spécifications techniques. Lors d'un de ces contrôles, une voie du système de protection sur flux neutronique élevé était hors tolérance, sans que la salle de commande n'en soit informée. La remise en conformité a été effectuée le lendemain, mais n'a pas respecté le délai imposé (réparation immédiate).

Le réacteur est en arrêt à chaud. Les opérateurs, primo intervenants, réalisent la convergence de la réaction en chaîne. Ils effectuent, en même temps, une boratation et une manœuvre des barres de contrôle, alors que l'utilisation simultanée de deux moyens de contrôle de la réactivité est proscrite.

MES RECOMMANDATIONS

Considérant que les progrès en sûreté viendront davantage de la rigueur des comportements que de l'adaptation permanente des processus, procédures et plans d'actions, je recommande au directeur de la DPN, d'intégrer l'évaluation de la prise en compte des fondamentaux dans les activités quotidiennes des services Conduite.

Au Royaume-Uni, l'animation des fondamentaux est en place mais n'apporte pas tous les résultats attendus. Je recommande au directeur de Nuclear Generation de veiller à ce que leur application réduise les écarts de lignage et les non-respects des spécifications techniques.



Corrosion d'aube de turbine

Le respect des paramètres chimiques et radiochimiques contribue à l'intégrité des première et deuxième barrières de confinement.

La maîtrise de la chimie est partie intégrante de la conduite des réacteurs, dans toutes les phases d'exploitation.

Le rôle des services chimie est défini par le Noyau de cohérence chimie-environnement (NCCE) en France et par une *Integrated Company Procedure (ICP)* au Royaume-Uni.

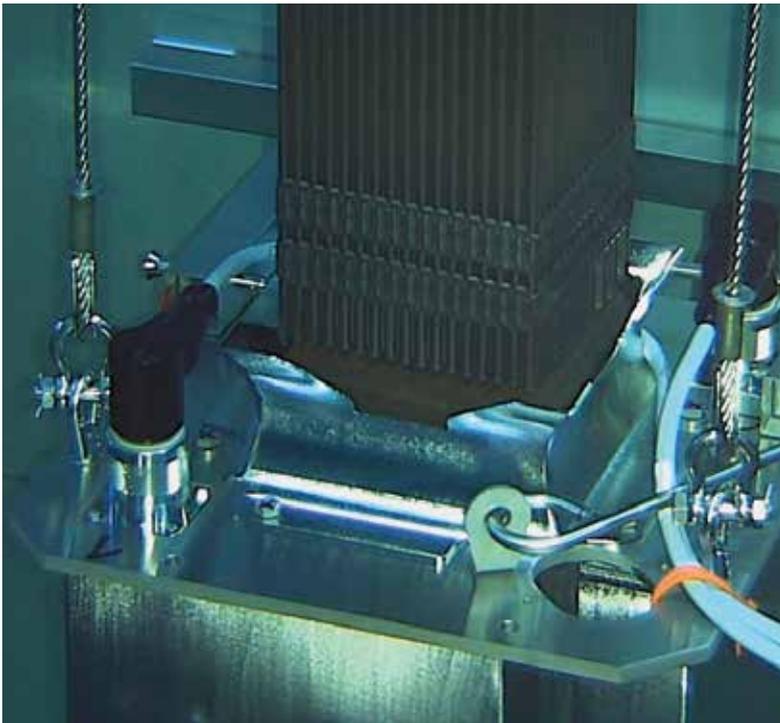
Chimie : des compétences à mieux exploiter

06

La durée de vie d'un métal ou d'un alliage est conditionnée par le fluide qu'il véhicule ou dans lequel il baigne, qui peut entraîner une corrosion ou une dégradation. Le contrôle des paramètres chimiques contribue à l'intégrité des 1^{ère} et 2^e barrières de confinement¹⁰ (chimie primaire et secondaire). Dans les réacteurs à eau, la chimie joue aussi un rôle important en radioprotection car elle détermine l'ampleur des dépôts radioactifs.

Tout écart aux spécifications chimiques, même bref, peut avoir un effet à long terme. L'écoute des équipes chimie des sites est ainsi fondamentale dans les prises de décision quotidiennes.

Le service Chimie des REP, à la différence de celui des AGR, traite à la fois la surveillance des tranches, objet de ce chapitre, et celle de l'environnement.



CRUDs, machine de nettoyage

CRUD (*Chalk River Unidentified Deposit*)

CRUD est un terme décrivant des produits de corrosion ou d'usure (particules de rouille, etc.) en suspension dans le circuit primaire qui peuvent, dans certaines conditions physico-chimiques, se déposer, en particulier sur les crayons du combustible. Des CRUD ont affecté un réacteur de 1300 MWe, en 2019 (cf. rapport IGSNR 2019), suite au remplacement des générateurs de vapeur : la passivation du matériau des tubes a, comme attendu, libéré des produits de corrosion dans le circuit primaire. Une chimie primaire trop acide pendant quelques semaines a conduit à leur dépôt sur la partie la plus chaude d'un grand nombre d'assemblages de combustible. Les CRUD peuvent affecter la tenue de la gaine des crayons, par les conditions chimiques et thermiques qu'elles y imposent. Dans ce cas précis, quelques crayons ont été percés et plusieurs dizaines d'assemblages ont dû être remplacés.

EN FRANCE

AMÉLIORATION DES RÉSULTATS

En général, les valeurs limites des paramètres chimiques et radiochimiques relevant des STE des circuits primaire et secondaire sont bien respectées. Dans le parc français, l'indicateur mensuel de performance chimique (IPC) agrège plusieurs données. Les valeurs attendues sont plus exigeantes que celles des spécifications techniques d'exploitation. Les résultats de l'IPC se sont améliorés de façon constante puis se sont stabilisés au cours des deux dernières années. Pour qu'il progresse de nouveau, il faut traiter plus rapidement les « petits » écarts aux spécifications chimiques et aussi en anticiper les dérives afin de les prévenir.

Pendant la phase de démarrage du réacteur, lors du suivi de charge ou lors des phases d'arrêt, certains paramètres chimiques ne sont ponctuellement pas respectés. De plus, plusieurs paramètres de conditionnement du circuit secondaire et des circuits auxiliaires, non considérés dans l'IPC, ne sont pas assez optimisés.

Une communication plus proche entre les services Conduite et Chimie permettrait d'éviter ces dysfonctionnements. La présence d'un ingénieur chimiste, une fois par semaine, à la « confrontation » quotidienne chef d'exploitation / ingénieur sûreté est une bonne

¹⁰ Gaines des crayons de combustible, circuit primaire.

pratique que j'ai observée dans certains sites. Elle favorise la prise de conscience collective et le traitement réactif des signaux faibles.

La DPN prescrit des règles de conservation des générateurs de vapeur (GV) pendant les arrêts pour maintenance. La conservation de leurs circuits d'alimentation en eau n'est pas toujours assurée. De plus, certains autres systèmes semblent faire l'objet d'une moindre attention, en particulier en cas de prolongation d'arrêts. En outre, l'utilisation de produits non autorisés ou une propreté insuffisante des chantiers créent régulièrement des pollutions au redémarrage. Je recommande de mieux intégrer les stratégies de conservation des matériels dès la préparation des arrêts de tranche. Ces stratégies doivent être définies dès la phase de planification de l'arrêt et, le cas échéant, modifiées pendant l'exécution de celui-ci, notamment en cas de prolongation.

UNE EXPERTISE À RAPPROCHER DE L'EXPLOITATION

Publié en 2015, le Noyau de cohérence chimie-environnement (NCCE) décrit le rôle du service Chimie et les comportements individuels attendus, il liste en particulier les six « fondamentaux ».

Curieusement, les fondamentaux de la chimie ne correspondent pas à ceux de la conduite qui proviennent du référentiel de WANO (*cf. chapitre 5*).

Le NCCE a renforcé la clarté des rôles, la « culture chimie », la formation et la communication avec l'exploitation. Cependant, son déploiement est lent et incomplet : des lacunes subsistent, comme la compréhension de l'influence des paramètres chimiques sur l'état de l'installation. Au-delà de l'application des exigences, les chimistes devraient en particulier analyser finement les phénomènes et leurs évolutions, avec une attitude curieuse et interrogative.

Des programmes de formation complets sont en place, souvent appuyés par l'utilisation de maquettes en laboratoire. La formation allie cours théoriques et accompagnement sur le terrain par des managers maîtrisant le domaine ; elle m'est apparue très efficace. J'ai aussi observé de bonnes pratiques d'échantillonnage, par des techniciens qui, souvent seuls durant leur tournée de prélèvement, manifestent un grand sens de la responsabilité personnelle.

Je note que les parcours professionnels des chimistes se limitent généralement à leur domaine. Je les invite à élargir leur expérience, par exemple avec des détachements dans d'autres services.

Les rapports entre services Conduite et Chimie sont généralement bons. Cependant, le second est davantage considéré comme un fournisseur de prestations que comme un acteur de la performance. La chimie fait rarement l'objet de discussions dans les réunions opérationnelles du matin. Les demandes de maintenance ou de

modifications émises par les chimistes reçoivent souvent des réponses tardives.

DES MOYENS PERFORMANTS À MODERNISER

Les laboratoires de chimie des sites, souvent anciens, sont bien entretenus et d'un bon niveau de propreté.

La rénovation ou la construction d'un nouveau laboratoire dans chaque CNPE fait l'objet du projet Renolab. Les activités chimie de tranche, chimie des effluents et mesures dans l'environnement pourraient être regroupées en un laboratoire unique. Ce projet permettra une collaboration plus étroite entre les équipes et facilitera l'équipement en matériels de dernière génération. Je regrette qu'il ait pris du retard.



Chimiste dans un laboratoire

La fiabilité de l'installation de déminéralisation et sa capacité à produire le volume d'eau nécessaire avec la qualité requise sont trop souvent affectées par des défauts de maintenance et des problèmes d'obsolescence. Des rénovations sont en cours dans le parc mais à un rythme insuffisant.

Le logiciel MERLIN, développé il y a plusieurs années en interne, est utilisé pour gérer l'ensemble de l'échantillonnage et des analyses. Même s'il remplit sa mission, il n'est pas jugé convivial par les chimistes que j'ai rencontrés et certaines fonctionnalités de base ne sont pas disponibles : par exemple, établissement de tendances, connexion directe aux instruments et compteurs pour éviter des ressaisies manuelles. Même si des palliatifs sont employés, ce système vieillissant mérite d'être modernisé ou remplacé.

DES SERVICES CENTRAUX APPRÉCIÉS MAIS UNE ORGANISATION COMPLEXE

La direction industrielle de la DIPNN (DI) fait preuve d'une solide expertise technique vers laquelle le personnel des sites se tourne volontiers pour des conseils à court terme, une assistance à moyen terme ou le développement de logiciels de plus long terme. Cependant, les sites considèrent que les nombreuses prescriptions qu'ils reçoivent ne sont pas toujours facilement compréhensibles voire applicables.

La rareté de l'expertise en chimie-environnement s'accorde mal avec la multiplicité des entités intervenantes : la DI (DIPNN), l'UNIE (DPN), l'UTO (DPN), la DIPDE (DPNT)¹¹ et la R&D. Cette multiplicité ne facilite pas l'intégration des aspects techniques, réglementaires et administratifs. Les CNPE perçoivent peu de signes de coordination d'ensemble. Il me paraît nécessaire de mieux prendre en compte les contraintes de l'exploitant. J'encourage les parties prenantes à mieux concentrer l'expertise pour améliorer la réactivité de l'appui aux CNPE. En particulier, l'articulation des responsabilités entre la DI, qui porte les compétences, et l'UNIE, qui pilote le domaine chimie, gagnerait à être clarifiée.



Laboratoire YAC, Direction Industrielle de la DIPNN

Le laboratoire YAC de la DI, implanté à Chinon, réalise des essais en vraie grandeur de nouveaux matériels de mesure en ligne (sodium, oxygène, pH, etc.). Cette installation unique constitue un atout : seuls les instruments ayant réussi les essais sont approuvés avant d'être achetés par les CNPE. Il est dommage que le délai entre la qualification d'un matériel et son installation dans les sites soit trop long.

Par ailleurs, j'insiste sur la rigueur qui s'impose dans le contrôle de l'étiquetage et du stockage des substances chimiques et dans

l'utilisation des extracteurs d'air dans les laboratoires centraux. On doit y trouver la même rigueur que dans les laboratoires de site.

BRT-CICERO™

La corrosion / érosion (*Flow Accelerated Corrosion, FAC*) affecte les aciers non alliés dans le circuit secondaire. La dégradation provoque l'amincissement de la paroi en surface intérieure des composants, pouvant conduire à une rupture soudaine.

L'outil de simulation BRT-CICERO™, développé et qualifié par EDF, prédit l'amincissement des tuyauteries à partir de leurs caractéristiques (géométrie, conditions d'exploitation, type de métal / alliage, chimie du système).

La mise en œuvre de ce logiciel a permis de mieux cibler les inspections, contribuant ainsi à améliorer la sécurité du personnel.

La R&D d'EDF dispose de moyens importants (équipements, laboratoires, modèles numériques), en appui aux sites et à la conception des nouveaux réacteurs. Bon nombre de sujets de recherche sont aussi applicables au parc britannique et je suggère une coopération plus étroite.

AU ROYAUME-UNI

Dans les sites AGR, le responsable de la chimie dépend du chef du service Conduite. Au niveau central, une unique équipe Chimie conseille les sites, pour le court ou le moyen terme. Le *Fleet manager (FM)* dédié à la chimie s'assure de la cohérence des démarches et pilote les actions d'amélioration continue du domaine.

Rôle des Fleet Managers

Chaque discipline ou domaine conditionnant la sûreté nucléaire et la fiabilité opérationnelle est piloté par un *Fleet Manager*. Les FM sont responsables de la gouvernance, la supervision, le soutien et la bonne performance de leurs domaines respectifs.

Ils orientent leurs pairs en matière de méthodes, de formation et de normes, ils pilotent les initiatives d'amélioration de performance. À l'occasion de visites dans les sites, ils passent en revue les performances au regard de ces normes, de manière à identifier et à rectifier rapidement tout écart. Les FM tiennent à jour des synthèses des performances individuelles des sites et du parc. Celles-ci indiquent, si besoin, les lacunes à combler.

Ils sont, dans leur domaine, les interlocuteurs principaux des organismes externes et des autorités.

¹¹ Direction industrielle, unité nationale d'ingénierie en exploitation, unité technique opérationnelle, division de l'ingénierie du parc et de l'environnement.

DE BONS RÉSULTATS, MAIS LA CHLORATION RESTE UNE FAIBLESSE

L'indicateur de santé chimique (*Chemistry Health Indicator, CHI*) évalue la conformité des paramètres chimiques aux exigences. En général, les valeurs sont bonnes dans les circuits primaire et secondaire.

La faible disponibilité des systèmes de chloration des prises d'eau de mer entraîne, dans certains sites, l'encrassement des échangeurs (condenseurs, réfrigérants des systèmes de sauvegarde) par des moules. J'encourage à redoubler d'efforts pour résoudre définitivement ces problèmes.

Des investissements ont été faits pour rénover les unités de déminéralisation vieillissantes. Elles pourront ainsi fonctionner jusqu'à la fin de l'exploitation des réacteurs.

LE CONTRÔLE DE LA CHIMIE LORS DES ARRÊTS : CLARIFIER LES SPÉCIFICATIONS

Un guide décrit les modalités de conservation de l'ensemble des circuits en arrêt de tranche. En général, la conservation est correctement assurée, notamment grâce à une forte participation du service Chimie dans l'équipe du projet d'arrêt. Cependant, ce domaine est parfois moins pris en compte en cas de prolongation de courts arrêts : un site n'avait pas prévu de mesure de conservation adaptée pendant un arrêt qui devait être de courte durée mais a dû être prolongé. Il en est résulté une corrosion généralisée, notamment de la turbine. Je recommande que les préconisations du guide soient rendues obligatoires pour tous les systèmes.



Analyse d'échantillon, CNPE de Golfech

DES FONDAMENTAUX EN PLACE

Les « fondamentaux » de la chimie ont été adoptés formellement en 2019, selon la même approche que dans les autres disciplines (*cf. chapitre 5*). Établis sur les standards internationaux, les comportements attendus de chaque fonction, du technicien au chef de groupe, sont définis pour chacun des cinq fondamentaux.

Acceptés par tous, ils sont intégrés à l'ensemble des activités (formation, « pré-job briefing » et débriefing, analyse des événements, etc.). Chaque site pourrait tirer profit d'une auto-évaluation qui identifierait le fondamental à renforcer en priorité.

Le parc dispose d'un programme mature de formation initiale et de recyclage. Le contenu en est adapté en permanence par chaque site, selon ses besoins spécifiques. Nuclear Generation a décidé de mettre un terme au système d'accréditation des formations par un comité d'experts indépendants (*Training Standards Accreditation Board*). Il sera primordial de s'assurer par un autre moyen que les formations demeurent d'un haut niveau, en particulier dans des spécialités de niche comme la chimie.



Chimiste en zone contrôlée, CNPE de Chinon

Nuclear Generation a remplacé depuis plusieurs années les précédents systèmes de gestion des activités et des données chimiques par un système unique *LIMS* (*Laboratory Information Management System*). Régulièrement mis à jour et amélioré avec le soutien du fournisseur, il continue de bien fonctionner.

DES LIENS PRIVILÉGIÉS AVEC LA CONDUITE

Les métiers conduite et chimie, regroupés dans le même département, ont généralement de bonnes relations. Le responsable de la chimie participe à toutes les réunions quotidiennes de pilotage opérationnel. Un événement récent a néanmoins montré que des progrès sont nécessaires : un contrôle et une conscience insuffisants d'écarts de paramètres chimiques ainsi qu'une mauvaise communication entre départements ont entraîné la dégradation d'un générateur de vapeur. À l'aune de cet événement, j'encourage Nuclear Generation à veiller à l'intégration continue du contrôle de la chimie dans la conduite du réacteur.

Dommages sur les tubes des générateurs de vapeur (GV) d'un AGR

Pendant une période d'essai, circuit primaire à 190 °C, la centrale a rencontré des difficultés de gestion de la chimie de l'eau alimentant les GV. Malgré plusieurs paramètres en dehors de leur domaine spécifié, les consignes qui demandaient des actions rapides n'ont pas été appliquées, et ce pendant deux semaines.

La durée de vie estimée des tubes des GV a été réduite de 25 % par l'effet de corrosion sous contrainte.

Dans la phase de déchargement du combustible des réacteurs AGR, les systèmes nécessitant une surveillance chimique régulière seront

moins nombreux. J'encourage Nuclear Generation à redéfinir le rôle du département Chimie dans cette phase.

LA PRÉPARATION DE LA CHIMIE DE HINKLEY POINT C

Hinkley Point C (HPC), comme Flamanville 3 (FA3), a pris conscience de l'importance d'une bonne conservation des installations pendant la construction et la mise en service. De solides pratiques de conservation des équipements, dérivées en grande partie des recommandations des fournisseurs, sont formalisées. J'invite les deux projets à partager leur expérience qui devra aussi bénéficier aux autres EPR.

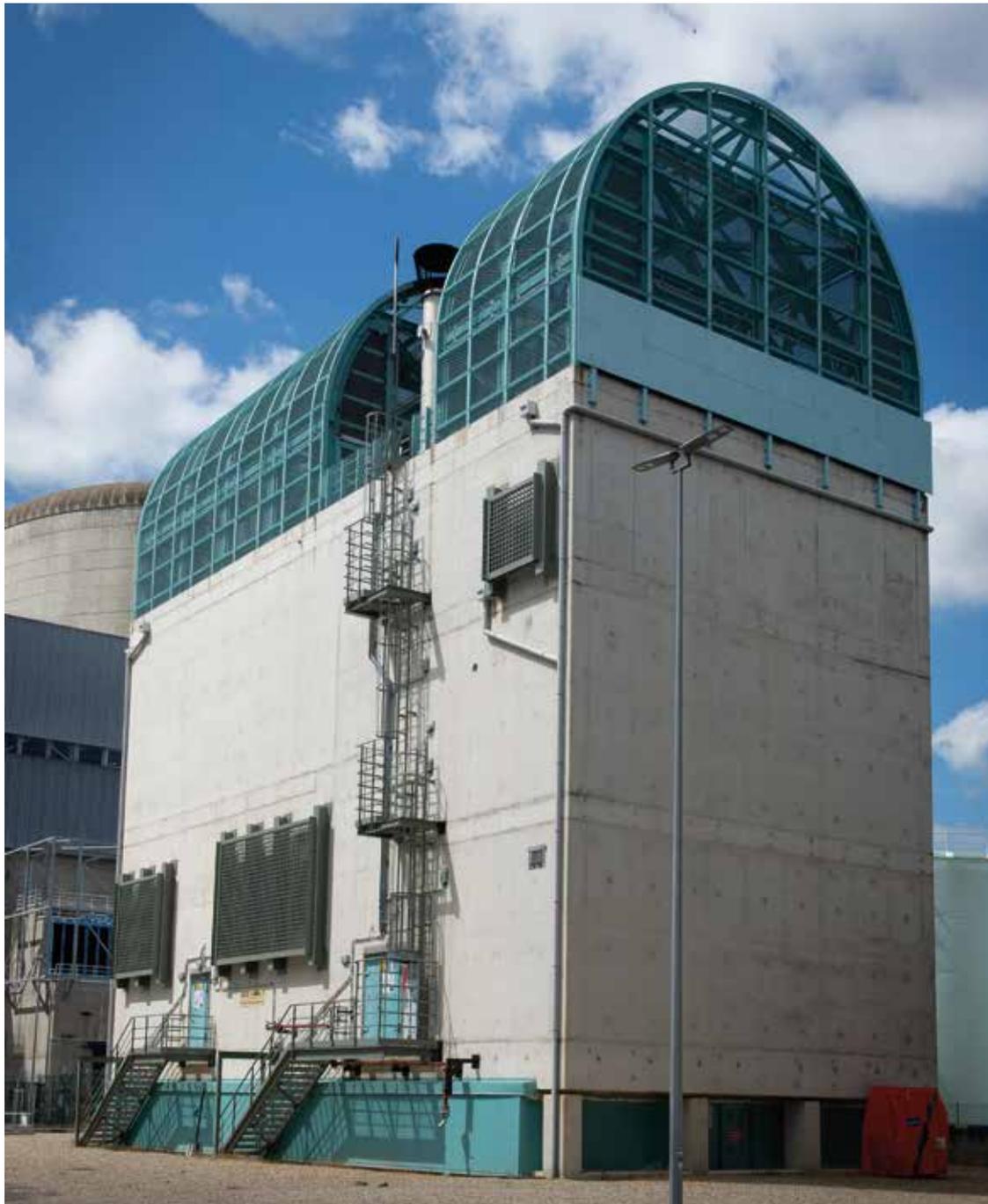
L'équipe Chimie, déjà bien intégrée dans l'organisation de préparation à l'exploitation, commence à se former. En raison des spécificités de l'exploitation britannique, les documents de chimie de Flamanville 3 devront être adaptés. L'ensemble des spécifications chimiques et des documents connexes est à réécrire. J'encourage à faire un inventaire rigoureux de l'ensemble des documents à modifier et à y affecter les ressources adéquates.

Le programme de formation en chimie de HPC est en cours d'élaboration, en vue de l'arrivée des premiers techniciens de laboratoire. Ce programme, établi sur les mêmes principes que celui du parc en exploitation, devra s'adapter au nouveau corpus documentaire.

MES RECOMMANDATIONS

Les variations des paramètres chimiques peuvent avoir des effets à long terme sur l'installation. Pour les limiter, je recommande aux directeurs de la DPN et de Nuclear Generation de mieux intégrer la maîtrise de la chimie des circuits dans la conduite quotidienne des réacteurs.

Les conditions de conservation des installations pendant les arrêts de réacteurs, surtout s'ils se prolongent, ont des effets directs sur les matériels. Je recommande, aux directeurs de la DPN et de Nuclear Generation, d'élaborer et de mettre systématiquement en œuvre des dispositions de conservation en phase d'arrêt, couvrant tous les systèmes concernés.



Bâtiment d'ultime secours, CNPE de Golfech

L'alimentation électrique des systèmes de sauvegarde et des systèmes auxiliaires des réacteurs tient une place importante dans la sûreté.

Le retour d'expérience, dont celui de l'accident de Fukushima, le développement des études probabilistes de sûreté et l'analyse de plus en plus complète des risques liés aux aléas naturels n'ont cessé de le confirmer.

L' alimentation électrique, système nerveux du réacteur

07

Sommaire

Mon regard

01

02

03

04

05

06

07

08

09

Annexes

Abréviations

LE RÔLE CENTRAL DES ALIMENTATIONS ÉLECTRIQUES

En fonctionnement normal, dans un REP, il faut alimenter en énergie l'ensemble des systèmes auxiliaires du réacteur, ce qui représente 5 % environ de sa production électrique. En situation accidentelle, seuls sont alimentés les systèmes assurant les fonctions de sûreté (maîtrise de la réactivité, évacuation de la puissance résiduelle du cœur et du combustible usé, confinement) ou les appuyant (ventilation, climatisation, éclairage, contrôle-commande). Les pompes primaires et une grande partie des matériels du circuit secondaire, par exemple, sont arrêtées.

Dans les AGR, la situation est similaire à la différence que l'alimentation électrique des *gas circulators* (l'équivalent des pompes primaires) est secourue pour assurer la circulation du gaz carbonique, qui refroidit le cœur. Les AGR présentent une plus grande inertie en cas de perte du refroidissement, qui tient à leur moindre densité de puissance et à la très grande taille du caisson de graphite.

DES SOURCES ÉLECTRIQUES ROBUSTES ET DIVERSIFIÉES

Les REP en exploitation disposent de deux voies électriques physiquement séparées. Elles correspondent chacune à l'un des deux trains¹² de sauvegarde (un seul suffisant en cas d'accident).

Les sources électriques du parc français comprennent par réacteur :

- l'alimentation externe principale (ligne d'évacuation d'énergie, 400 kV) ;
- l'alimentation externe auxiliaire (souvent une ligne de 225 kV) ;
- deux générateurs de secours diesels (6,6 kV), un par voie ;
- un groupe d'ultime secours par site (GUS), soit un diesel, soit une turbine à gaz (TAC, remplacée à terme par plusieurs diesels de faible puissance) ;
- un diesel d'ultime secours (DUS) ;
- des batteries, qui peuvent alimenter pendant quelques heures le contrôle-commande, certaines vannes, la ventilation et l'éclairage de la salle de commande ;
- un turboalternateur d'ultime secours (LLS) qui alimente le contrôle-commande indispensable et l'injection aux joints des pompes primaires.

En cas de perte du réseau, l'alternateur peut se découpler et n'alimenter plus que le réacteur : c'est l'îlotage.

L'architecture de Sizewell B est comparable à celle des REP français, avec quatre voies de sûreté et six diesels.

Les EPR de Flamanville 3 et de Hinkley Point C comportent quatre voies électriques, chacune alimentée par un diesel de secours ; ils disposent en outre de deux diesels *Station Black-Out* (SBO).

En toute situation, la sûreté doit être assurée par la seule puissance des sources internes jusqu'au retour des alimentations externes. Cette exigence concerne les sources elles-mêmes et la distribution électrique (câbles, tableaux, contacteurs, etc.). Une fois les pompes primaires arrêtées, une source externe au réacteur est nécessaire pour le redémarrer. En France, en cas de perte totale du réseau, une ou deux centrales électriques voisines (barrage, autre centrale nucléaire) peuvent alimenter directement le site par renvoi de tension.

Les principes généraux des réacteurs AGR sont similaires. N'étant pas tous du même modèle, leurs architectures électriques diffèrent par le nombre de voies et les sources internes (diesels ou turbines à gaz). Un point sensible tient à la séparation partielle des voies électriques, plus ou moins marquée selon les sites. Elle a été partiellement compensée par des dispositions physiques (murets pare-feu, diversification des moyens de refroidissement) et des mesures de prévention (amélioration de la détection incendie).

Une mini-centrale électrique

Communément appelé « diesel », le groupe générateur de secours désigne à la fois le moteur, l'alternateur, les tableaux électriques et leur environnement : bâtiment, auxiliaires (alimentation en fioul, circuits d'huile, air comprimé de lancement, échappement, refroidissement, ventilation, contrôle commande, etc.).

¹² Les principaux systèmes de sûreté sont organisés en sous-systèmes ou trains.

La robustesse du réseau, jusqu'à présent élevée en Europe, contribue à la fiabilité du système électrique des centrales et à la sûreté. Le réseau électrique externe n'est pas pris en compte dans l'analyse de sûreté déterministe. Toutefois, si la fréquence de défaillance du réseau devait augmenter, la probabilité de perte totale des alimentations serait plus importante. Le Groupe doit donc prêter attention à sa fiabilité, de part et d'autre de la Manche, lors des transformations des mix électriques européens. Des moyens de production pilotables demeureront indispensables.



Maintenance de tableaux électriques

LES AGRESSIONS, PRINCIPAL RISQUE DE PERTE DES ALIMENTATIONS ÉLECTRIQUES

Les systèmes électriques sont souples et fiables, comme en témoigne leur généralisation dans l'industrie, les transports, la propulsion navale, l'aéronautique.

Il n'en est pas moins nécessaire de les protéger contre les agressions, principalement l'inondation et l'incendie. Fukushima est fondamentalement un accident de perte totale des systèmes électriques (sources, distribution, pompes et actionneurs) par inondation. À cause de la possible propagation du feu par les câbles, la maîtrise du risque d'incendie doit, elle aussi, rester une priorité (*cf. chapitre 1*). L'expérience montre en effet que la moitié des départs de feu a une origine électrique. Les études probabilistes de sûreté évaluent que les pertes totales d'alimentations électriques représentent environ la moitié de la probabilité de fusion du cœur.

Perte de l'alimentation électrique externe

Dans un site britannique comportant deux centrales, un défaut du réseau extérieur a provoqué la perte de l'alimentation principale, entraînant l'arrêt automatique des trois réacteurs en puissance ainsi qu'une forte variation de tension. Cette dernière a endommagé 5 des 8 unités d'alimentation permanentes (UPS)¹³ d'une centrale dont les protections n'ont pas fonctionné, comme à Forsmark. Dans l'autre centrale, les équipes de conduite, confrontées à d'autres dysfonctionnements et à une configuration électrique jamais rencontrée auparavant, ont éprouvé des difficultés à stabiliser l'ensemble des systèmes.

Les températures excessives, en cas de canicule extrême ou de défaillance de la ventilation ou de la climatisation, font l'objet d'études et de modifications dont le principe me semble satisfaisant. Néanmoins, la modification des groupes froids de climatisation de sûreté (DEL *bis*) du palier 1300 MWe continue à présenter des difficultés récurrentes en exploitation.

Il existe des agressions spécifiques au domaine électrique, comme des surtensions ou perturbations issues du réseau. Elles sont susceptibles d'affecter des matériels dont les protections se seraient révélées inefficaces. L'incident de niveau 2 survenu cette année dans un site britannique, similaire à celui de la centrale suédoise de Forsmark en 2006, mérite que tout le retour d'expérience en soit tiré.

LES RÈGLES DE L'ART POUR ASSURER LA FIABILITÉ DES DIESELS DE SECOURS

La disponibilité des diesels des deux flottes est bonne, du même ordre que celle du parc international. La majorité des défaillances, qui entachent la fiabilité, relève de causes humaines ou organisationnelles, en phase de maintenance ou d'exploitation.

Ces dernières années, des anomalies ont marqué l'environnement du moteur : corrosion de collecteurs d'échappements ou de supportage d'échangeurs, mauvais montage de flexibles, défauts de serrage, etc. Certaines ne sont pas identifiées à la requalification et demeurent dormantes. Il a parfois fallu que l'ASN les constate elle-même. Un surplus d'attention y est porté et j'encourage à maintenir la rigueur.

LE PARADOXE DES MOTEURS DIESELS

Les diesels des centrales nucléaires sont des moteurs maritimes extrêmement robustes, qui propulsent des navires autour du monde.

¹³ Les UPS alimentent certains équipements essentiels à la sûreté. Ils sont instantanément secourus par des batteries.

Paradoxalement, on en a fait un sujet de préoccupation, érodant la confiance dans leur fiabilité. La perception largement répandue « qu'on ne leur fait pas du bien » tient au fait que ces moteurs, conçus pour fonctionner longtemps et régulièrement, tournent très peu et par à-coups dans le nucléaire. En cas d'accident, les diesels de secours doivent démarrer instantanément et prendre la pleine charge en quelques dizaines de secondes, une sollicitation indéniablement contraignante. Cela ne les disqualifie pas à mes yeux, pourvu qu'ils soient rodés et entretenus à cet effet. Il existe d'ailleurs des usages analogues dans les marines.

En revanche, il ne me paraît pas satisfaisant, en France, de les fragiliser par des essais trop courts et à vide (ou à basse charge), à l'encontre des règles de l'art. Il me paraît également risqué de s'interdire les virages lents, une pratique favorable qui fait partie des standards de la profession. Je m'étonne d'ailleurs que des appels d'offres aient pu spécifier le fonctionnement plusieurs heures à vide ou l'interdiction de virages lents. J'apprécie que les conditions des essais périodiques aient été revues au Royaume-Uni, il y a une dizaine d'années. Les virages lents y sont une pratique courante.

Ces conditions d'utilisation dans le parc français résultent d'un faisceau de contraintes, réelles ou construites, d'habitudes, de *statu quo* ainsi que de la réticence à devoir soumettre à l'ASN d'éventuelles modifications des moteurs ou des spécifications techniques d'exploitation. Si les compétences sont réelles, le morcellement de l'expertise et des responsabilités dans les ingénieries et services centraux n'est pas de nature à favoriser une solution globale cohérente. Une croyance diffuse, selon laquelle les spécifications d'appels d'offres permettent de tout obtenir et que les fournisseurs s'adapteront, semble aussi demeurer.

Dans les CNPE, les compétences de diéséliste et le « sentiment de propriétaire » sont généralement insuffisants. Le manque de compétences et de clarté des responsabilités peut entraîner un usage inapproprié du moteur. Le besoin de compétences dédiées n'est pas identifié, en ingénierie, en maintenance et en conduite. De plus, le volet pratique, non écrit, du métier de mécanicien est trop peu pris en compte, à la différence du Royaume-Uni où j'ai constaté les bénéfices de l'apprentissage et de l'internalisation de la maintenance courante.

En matière de maintenance, malgré un volume considérable d'entretien des diesels (au regard de leur nombre d'heures de fonctionnement : moins de 2 000 h au moment d'un échange standard à 20 ans, par exemple), les bilans de fonction¹⁴ et de matériels n'intègrent pas un historique et un état de santé assez approfondis et partagés



Maintenance d'un diesel

Scuffing d'un diesel en sortie de visite complète

Un diesel du parc français sortait d'une visite complète à 20 ans, pendant laquelle les pistons avaient été démontés et le chemisage refait par un prestataire. En phase de rodage, à cause de divers problèmes sur les auxiliaires, il a été démarré et arrêté 11 fois de suite sans réaction de l'exploitant. Au total, 11 heures de fonctionnement à vide ont provoqué du scuffing (usure par polissage et rayures de la chemise soumise à une température excessive) et l'indisponibilité du moteur. Le chemisage a dû être refait une seconde fois, entraînant plusieurs semaines de retard en fin de visite décennale.

J'encourage en particulier à rassembler, dans chaque site et sous une responsabilité claire, l'ensemble des données et diagnostics du moteur, dont les observations (maintenance, essais, rondes), les paramètres relevés pendant les essais, les caractéristiques du fioul et de l'huile, etc. Une relation plus étroite pourrait être entretenue avec le constructeur pour mieux partager l'expérience et les préconisations, issues d'une flotte de moteurs beaucoup plus vaste. En ce sens, la reprise des séminaires techniques nationaux est une initiative favorable.

¹⁴ Revues régulières, dans chaque site, de l'état et de l'aptitude des principaux systèmes à remplir leur fonction.

En définitive, je recommande d'agir vigoureusement afin d'exploiter les diesels dans des conditions conformes aux pratiques industrielles, en examinant les questions d'exploitation, de STE, de maintenance et de fiabilité dans leur ensemble.



Diesel de secours, centrale AGR

PRISE EN MAIN ET FIABILISATION DES DUS DU PARC FRANÇAIS

Dix ans après Fukushima, les Diesels d'ultime secours (DUS) sont tous opérationnels. Avec un troisième diesel par réacteur, très bien protégé contre les aléas naturels, la défense en profondeur fait un réel progrès. Et l'on peut estimer que les problèmes de prise en main et de fiabilité de l'ensemble « centrale électrique DUS » seront résolus.

Les DUS sont dédiés aux situations extrêmes dans lesquelles tous les systèmes, hormis ceux du « noyau dur » post-Fukushima, sont réputés hors service. En cas de perte totale des alimentations électriques du réacteur hors situation extrême, l'utilisation du Groupe d'ultime secours du CNPE (GUS) serait privilégiée à celle du DUS du réacteur concerné. J'invite à considérer plus largement l'utilisation du DUS en cas de perte des diesels de secours, dans une optique de défense en profondeur et de gestion de crise.

Un type de moteur pose certains problèmes, par exemple de *candle fires* : après l'arrêt, l'huile imprègne le calorifuge de l'échappement et

peut s'enflammer au démarrage suivant. Le remède est connu : un virage lent après chaque arrêt. Plus généralement, ce moteur atypique utilisé depuis 70 ans par la marine américaine est réputé « increvable » : son taux d'indisponibilité actuel semble donc paradoxal.

Un des deux projets de DUS, comme d'autres projets, a montré les limites des montages industriels où le diesel n'est pas au cœur du métier du maître d'œuvre. De plus, les projets de diesels neufs ne sont pas menés par la même ingénierie d'EDF, selon qu'il s'agit d'un réacteur nouveau ou en exploitation. Le temps qu'il a fallu pour s'accorder avec l'IRSN sur les niveaux sismiques interroge : étant donné la très grande robustesse retenue d'emblée et les marges de dimensionnement, n'y avait-il pas matière à une approche plus rapide et forfaitaire ? J'invite donc l'ingénierie à tirer les leçons de l'ensemble des projets de DUS et de diesels.

Comme pour de nombreuses modifications, je regrette qu'à l'époque l'exploitant n'ait pas été associé et ne se soit pas impliqué assez tôt : le transfert s'est révélé peu satisfaisant et la prise en main laborieuse. J'invite la DIPDE, la DIPNN et la DPN à en tirer les leçons et je note que l'exploitant, maître d'ouvrage, est désormais associé dès la phase d'avant-projet sommaire des modifications.

DISTRIBUTION ÉLECTRIQUE FIABLE À ENTREtenir DANS LA DURÉE

Les batteries, câbles, contacteurs, tableaux, transformateurs, onduleurs m'ont paru, lors de mes visites dans les deux parcs, bien entretenus et en bon état. Ce sont des matériels fiables et robustes. Les matériaux organiques (isolants) et les contacteurs sont sujets au vieillissement : j'apprécie les expertises réalisées en préparation des VD4 (par exemple en déposant des câbles) et les programmes de remplacement (cf. rapport 2020). Des points chauds apparaissent parfois dans les tableaux électriques, au niveau des contacteurs ou des borniers, si des cosses sont mal serrées (*cf. chapitre 1*).

Dans le retour d'expérience (REX) mondial, des défaillances de mode commun, causées par des erreurs de maintenance, de réglage des protections ou de modifications, ont affecté la distribution électrique. Ainsi dans un site français en 2019, une anomalie de contacteurs de rechange a rendu indisponibles plusieurs systèmes de sauvegarde, sur les deux voies. Ces événements rappellent la rigueur qui doit prévaloir à l'exploitation des équipements de distribution électrique.

Je note aussi, en France comme au Royaume-Uni, des manques de certaines pièces de rechange. On m'a indiqué des obsolescences probables à moyen terme. J'invite à préparer les solutions et à les intégrer dans les futurs programmes de remplacement.

L'AVENIR : RECHERCHER LA SOBRIÉTÉ

L'EPR 2 intègre plusieurs avancées, dont :

- une batterie de diesels de faible puissance, qui remplace un gros diesel en situation de perte totale des alimentations électriques externes et des diesels de secours (SBO) ;
- la distribution électrique des systèmes accident grave, qui est déconnectée en fonctionnement normal, protégeant ces systèmes de toute perturbation du réseau (REX Forsmark) ;
- l'objectif de séparer autant que possible les équipements qui dégagent de la chaleur et les armoires de contrôle commande sensibles à la température.

J'apprécie de manière générale le travail structuré de la direction technique de la DIPNN sur les architectures électriques internes.

Pour le futur, la réflexion pourrait porter sur la baisse de la consommation électrique en situation accidentelle, par exemple en réduisant :

- le besoin de climatisation (dissipation thermique, inertie et disposition des locaux, températures admissibles par les équipements) ;
- le nombre d'équipements indispensables nécessitant une forte puissance.

Il serait également intéressant d'étudier les voies de conception du réacteur, permettant de s'accommoder d'un démarrage plus lent des générateurs de secours.

La disparition, à terme, de certains moteurs thermiques peut avoir des conséquences importantes sur le tissu industriel et les compétences en diesels : il me paraît nécessaire d'en anticiper les risques, qu'il s'agisse de maintenance des équipements existants ou de choix de technologies pour l'avenir.

MES RECOMMANDATIONS

Afin d'assurer la fiabilité à long terme des diesels de secours du parc et des nouveaux projets en se conformant aux règles de l'art, je recommande au directeur de la DPNT de réexaminer leurs conditions d'exploitation courante, en veillant notamment à :

- clarifier les responsabilités entre concepteurs, constructeurs, exploitants et prestataires de maintenance ;
- définir les compétences locales de diésélistes et développer une filière métier ;
- mieux élaborer les bilans de santé et revoir les conditions d'essais périodiques.

Je recommande aux directeurs d'EDF Energy, DPNT et DIPNN de tirer les leçons de la perte de réseau survenue dans un site britannique, en matière de :

- protection des systèmes de sûreté contre les surtensions ;
- préparation à la gestion d'une perte durable des alimentations électriques externes ;
- relations avec les gestionnaires de réseau, en particulier en termes de maintenance et de fiabilité du réseau.



Démarrer en sûreté les réacteurs EPR de Flamanville 3 et de Hinkley Point C est une priorité du Groupe.

Les équipes d'EDF et des entreprises partenaires se préparent au renouvellement des parcs français et britannique.

La réussite de ces projets passe par une amélioration de la qualité et de l'efficacité. Elle repose sur les compétences, sur la simplification et la standardisation, et sur la prise en compte de l'expérience d'exploitant dans la conception.

Chantier de l'EPR, Hinkley Point C

Relever les défis du renouvellement des parcs

08

Sommaire

Mon regard

01

02

03

04

05

06

07

08

09

Annexes

Abréviations

Ce chapitre traite des projets de réacteurs EPR et EPR 2. D'autres réacteurs de puissance moindre, EPR 1200, SMR Nuward™ complètent le catalogue du Groupe et illustrent le dynamisme de la filière.

FLAMANVILLE 3, VERS LE DÉMARRAGE

DES AVANCÉES SIGNIFICATIVES...

Le pilotage du projet et l'intégration des équipes de la DIPNN et de la DPN ont progressé. J'ai rencontré des personnes toujours motivées et investies.

La réparation des soudures du circuit secondaire principal (CSP), prouesse technique, se poursuit dans une bonne dynamique.

Pour traiter les risques de rupture de trois piquages¹⁵ du circuit primaire, EDF et Framatome ont mis au point une solution, acceptable du point de vue de la sûreté : l'installation d'un collier de maintien qui limiterait la brèche, même en cas de rupture de la soudure « *set-in* » du piquage, à une dimension couverte par les études de sûreté. Cette solution fera l'objet de justifications détaillées soumises à l'ASN.



Réparation soudure du circuit secondaire principal, Flamanville 3

¹⁵ Qui n'étaient ni intégrés au périmètre des soudures en exclusion de rupture, ni traités par les études de sûreté.

¹⁶ Unité technique opérationnelle de la DPN.

¹⁷ Centre national de production d'électricité de la DIPNN.

... MAIS UN « RESTE À FAIRE » CONSIDÉRABLE

Il comprend de nombreux écarts à résorber et des sujets techniques complexes à fort enjeu de sûreté, pilotés avec rigueur. C'est le cas de la capacité de filtration des puisards de recirculation en cas d'accident, des défauts du traitement thermique de détensionnement, réalisé par Framatome, sur les soudures de certains matériels du circuit primaire. Je souligne l'importance de prendre en compte le retour d'expérience des autres EPR : les deux réacteurs de Taishan, en particulier en matière de neutronique et de combustible, et celui d'Olkiluoto 3.

Pour réaliser ce « reste à faire » avec la qualité attendue, il faut améliorer encore les interactions entre projet, ingénieries et prestataires, fiabiliser le planning des activités, augmenter le temps métal (temps de travail effectif des intervenants) sur le chantier, continuer à mobiliser les ingénieries d'EDF et des fournisseurs.

Le respect d'un calendrier, désormais sans marge, ne doit pas nuire à la qualité et à la sûreté du projet.

UN EXPLOITANT QUI GAGNE EN MATURITÉ

Les assemblages de combustible neuf sont dans la piscine du bâtiment HK, dont j'ai apprécié l'état des installations, exploitées par les équipes de la DPN. Ces dernières, dont les effectifs ont été revus à la hausse, gagnent en maturité. Au-delà du HK, elles doivent s'approprier la totalité des systèmes et le référentiel d'exploitation. Je porterai une attention particulière à la maîtrise des règles générales et des spécifications techniques d'exploitation (RGE, STE), en raison de leur structure complexe propre à ce nouveau réacteur.

L'implication des entités centrales s'organise et je préconise de la renforcer. Par exemple, l'UTO¹⁶, Edvance, le CNEPE¹⁷ et le CNPE travaillent ensemble à constituer un stock de pièces de rechange (PdR) ; un budget y est alloué. Il faut veiller à anticiper la surconsommation de PdR pendant les essais, avant la première visite complète.

Côté ingénierie, Edvance et le CNEPE ont prévu d'aider le site lors des essais de démarrage, notamment par une antenne Edvance-Essais sur site. Il conviendra de l'étendre à la phase de « déverminage », après l'atteinte des 100 % de puissance.

L'état général des installations est satisfaisant et je note une meilleure prise en compte de la corrosion. Les transferts de systèmes et de locaux à l'exploitant se poursuivent, à un rythme inférieur à ce qui était attendu. J'attire de nouveau l'attention sur la nécessité de respecter les programmes de maintenance des matériels, transférés ou non à l'exploitant.

Les actions du plan du CNPE de préparation au chargement et à l'exploitation doivent être poursuivies avec détermination : pilotage rapproché, préparation de la Commission d'essais sur site et de la Commission sûreté de démarrage, sollicitation de regards externes (AIEA, WANO).

Pour garantir la sûreté du démarrage et de l'exploitation du premier réacteur EPR en France et son intégration dans le parc, je recommande d'organiser un bilan et un suivi de l'état de préparation de toutes les parties prenantes, CNPE et ses appuis.

HINKLEY POINT C : DÉBUT DES MONTAGES ÉLECTROMÉCANIQUES

LE PROJET S'ADAPTE

L'état du site, son organisation, sa propreté, sont remarquables.

L'impact du Brexit commence à se faire sentir : renoncement de certains fournisseurs, dû à la complexification des règles ou aux difficultés des intervenants non anglophones à travailler dans le site, entraînant notamment un risque de pénurie de main-d'œuvre qualifiée et de surcoûts.

Le projet est passé d'une organisation en programmes (par matériels) à une organisation en zones géographiques (intégrant tous les corps de métiers par ensemble de locaux). Cela reste cependant complexe et les boucles de décision sont encore longues, ce qui pourrait conduire à des sous-performances.

En complément du *UK Design Centre* et du *Joint Design Office*, plusieurs initiatives de mutualisation des ressources entre le parc actuel et HPC sont favorables au développement des compétences :

- la *Nuclear Skills Alliance (NSA)*, créée en 2017 à partir des équipes de formation de Barnwood et de la pré-exploitation de HPC, assure dorénavant la formation des futurs opérateurs de l'EPR et les formations génériques du parc ;
- la *Technical Client Organisation (TCO)* vise à regrouper les compétences nucléaires AGR et EPR d'EDF Energy ; elle couvre le nouveau nucléaire et l'exploitation ; elle se met progressivement en place ; son organisation et ses interfaces avec les multiples acteurs de l'ingénierie me semblent complexes ;
- le Centre d'excellence soudage de Bridgewater est opérationnel et tous les soudeurs y sont dorénavant testés.

La préparation de l'exploitation s'organise : une équipe expérimentée apporte la vision « exploitant » au projet, définit les standards à respecter, en particulier pour la conservation des matériels, et pilote les pièces de rechange. Je recommande de porter une attention particulière aux RGE / STE dont la structure complexe pourrait conduire à des erreurs d'interprétations. Les premiers recrutements des futurs exploitants sont engagés et j'encourage à les impliquer fortement dès les essais.



Support de tuyauteries en galerie, Hinkley Point C

LA QUALITÉ DOIT CONTINUER À PROGRESSER

Avec 450 partenaires de rang 1 et 5 500 de rang 2, situés dans une trentaine de pays, la surveillance des fabrications demande plus de ressources que prévu : plus de 4 000 inspections ont été réalisées en usine et 30 000 sur site en 2021, avec un taux de « bon du premier coup » voisin de 90 % (objectif de 95 %). La surveillance des sous-traitants de rang 2 a été renforcée.

Le nombre de non-conformités reste stable, leur temps de traitement, généralement trop long, se réduit. Le rythme des modifications ne baisse pas assez malgré des initiatives visant à accélérer la clôture des « points ouverts » lors des études. En particulier, certaines hypothèses

de découplage, utilisées dans les premières études, pourraient être remises en cause par le retour des données des fournisseurs.

La volonté de tirer le retour d'expérience (REX) du premier réacteur pour en faire bénéficier le second porte ses fruits : par exemple, la qualité et la cadence du génie civil du bâtiment réacteur de l'unité 2 se sont notablement améliorées : respectivement 30 % de baisse des écarts de réalisation et 25 % de gain de productivité.

Concernant la qualification des matériels aux conditions accidentelles, la transposition des résultats de Flamanville 3 est très faible, même en cas de matériel inchangé, parfois en raison des spécificités britanniques (*UK context*). J'invite à en tirer les leçons afin de standardiser au maximum les qualifications dans les futurs projets.

Les montages électromécaniques sont le prochain défi : un volume important de documentation à produire, des cadences très ambitieuses, des quantités importantes de matériels à approvisionner, dans une organisation complexe et avec un design pas encore complètement finalisé.

La déclinaison des maîtres mots du directeur de projet « *Safety, Quality, Time and Cost* », dans cet ordre, est plus que jamais essentielle à la réussite du projet.

LE PROJET SIZEWELL C : DUPLIQUER HINKLEY POINT C

Le mode de financement (*Regulated Asset Base*) de deux EPR à Sizewell C (SZC) se précise : participation d'EDF, financements publics et ouverture au marché.

La volonté de reconduire le design de HPC, partagée par l'ONR, devrait améliorer l'efficacité, la maîtrise des coûts et du planning et réduire le nombre de modifications en cours de construction. Cette reconduction est favorable à la qualité des réalisations et à la sûreté.

Les adaptations incontournables sont déjà identifiées. Elles proviennent de différences de caractéristiques du site (nature des sols, paramètres maritimes, dimensions, etc.). D'autres apparaîtront en cours de projet, en cas de retrait de certains fournisseurs ou en raison de l'obsolescence de matériels de HPC.

La duplication des réacteurs de HPC n'a été que partiellement anticipée lors des études et de la passation des contrats : un travail d'ingénierie sera donc nécessaire pour justifier les hypothèses de reconduction des études et mettre à jour la documentation. Nuclear New Build devra s'assurer qu'il dispose des ressources requises et en optimiser l'affectation entre HPC et SZC. J'invite les futurs projets du Groupe, en particulier l'EPR 2, à intégrer, dès le début, les modalités de duplication de la tête de série afin d'en tirer tout le bénéfice pour les réacteurs suivants.

LE PROJET EPR 2, ENGAGÉ SUR DE BONNES BASES

En février 2021, le rapport préliminaire de sûreté a été transmis à l'ASN ; en juin, le dossier établi par EDF avec la filière pour la réalisation de trois paires d'EPR a été remis au gouvernement. Après décision des pouvoirs publics, la prochaine étape sera le lancement de l'enquête publique, préalable au dépôt du décret d'autorisation de création.

L'exclusion de rupture présentée par EDF, pour les tuyauteries principales des circuits primaire et secondaire, a été acceptée dans son principe et sous certaines conditions par l'ASN. Les hypothèses à considérer en cas de chute d'avion sont aussi définies. Les études d'un ensemble de six réacteurs peuvent ainsi se poursuivre sur la base d'un référentiel de sûreté stabilisé.

L'exclusion de rupture

Ce principe consiste à ne pas étudier intégralement les conséquences de la rupture de certaines tuyauteries, jugée extrêmement improbable. Il suppose des dispositions de conception, de fabrication et de suivi en exploitation particulièrement exigeantes.

Il a déjà été mis en œuvre dans le parc français sur les « tronçons protégés » (*superpipes*) des lignes de vapeur principales, à l'extérieur du bâtiment réacteur et jusqu'au point fixe en aval de leur vanne d'isolement. Cette approche se distingue du principe de « fuite avant rupture », appliqué dans certains pays, mais pas accepté en France, qui considère que des signes précurseurs apparaîtraient et qu'une surveillance continue permettrait d'intervenir avant une éventuelle rupture.

Le fonctionnement en équipes intégrées chez Edvance et au CNEPE, regroupant les acteurs études et projet, contribue à l'efficacité et à la maîtrise du contexte de chaque projet. Il faut néanmoins veiller à éviter un cloisonnement entre projets et un éparpillement des compétences entre entités, qui seraient nuisibles à la cohérence technique de la conception et à la maîtrise du REX des EPR.

La préparation des principaux contrats, en particulier les contrats chaudière, génie civil principal du premier site et groupe turbo-alternateur, est engagée. La maturité du design, au démarrage de la construction de l'EPR 2, sera améliorée : en particulier les plans d'exécution de l'ensemble des infrastructures seront disponibles au moment du premier béton sur site.



Modélisation 3D d'un bâtiment électrique

L'ingénierie système a été mise en œuvre dès le début du projet, ce qui bénéficie à la qualité des études. L'outil de *PLM (Plant Lifecycle Management)* retenu à l'époque n'étant pas celui finalement choisi par la DIPNN dans son programme de transformation numérique, il faudra changer l'outil et transférer les données en 2022.

L'IGSNR a souligné à plusieurs reprises l'importance d'impliquer l'exploitant, suffisamment tôt et à bon niveau, dans les projets du nouveau nucléaire. Ainsi, de réels progrès ont été faits, par exemple en matière de manœuvrabilité du réacteur ou de conception du poste d'eau. Certaines demandes de l'exploitant sont cependant plus difficiles à intégrer aujourd'hui en raison de l'avancement du projet : augmentation des surfaces disponibles lors des arrêts pour maintenance, amélioration de l'accessibilité en zone contrôlée, etc.

Au vu des difficultés identifiées à Flamanville 3 et pressenties à HPC, je recommande d'engager sans tarder les actions pour simplifier les RGE / STE.

LES TRANSFORMATIONS INDISPENSABLES DE L'INGÉNIERIE

Afin d'amener au meilleur niveau le tissu industriel, le pilotage des projets et les méthodes d'ingénierie, la DIPNN transforme ses méthodes et ses outils, en y associant des entreprises partenaires. Si beaucoup des acteurs de l'ingénierie perçoivent la nécessité et l'urgence de ces transformations, certains craignent des perturbations des projets et l'impact des changements au quotidien. Cela pourrait freiner la réussite du programme.

LES APPORTS DU PLAN EXCELL

Les sujets promus par le plan Excell : standardisation, développement des compétences, plan soudage, etc. auront des effets positifs sur la qualité et la sûreté.

Par exemple, la standardisation des matériels représentera un réel progrès : les 13 premiers CADO (catalogues d'usage obligatoire) en cours de déploiement en sont une illustration. Il faudra veiller à les utiliser autant que possible dans tous les projets, à strictement encadrer leurs évolutions et à préserver l'autorité des « *catalogue owners* », d'autant qu'ils sont répartis entre plusieurs entités d'ingénierie.

Je salue la mise en place de la Haute École de Formation soudage Cotentin-Normandie, jalon important du plan soudage.

Bien que ses centres d'intérêt ne soient pas directement la sûreté, l'équipe du Contrôle des grands projets contribue à une meilleure performance globale. L'IGSNR partage, sous l'angle de la sûreté, ses observations et ses diagnostics.



Premiers pas de la Haute École de soudage HEFAÏS, Cherbourg

DYNAMISER LE RETOUR D'EXPÉRIENCE

La collecte et l'analyse du REX événementiel sont organisées depuis plusieurs années et aucun événement répétitif n'a été relevé en 2021. Le REX semble toutefois davantage orienté vers les problèmes techniques que vers les faiblesses d'organisation et la robustesse des processus de décision. Plus généralement, il n'est pas suffisamment l'affaire des directions de projets, les actions préconisées sont peu questionnées et leur mise en œuvre peu contrôlée.

Le REX de l'exploitant est une richesse pour un groupe intégré. Je serai attentif à ce qu'il soit davantage exprimé et pris en considération afin d'enrichir la conception de réacteurs.

MIEUX HARMONISER LA CONCEPTION DES EPR

Au fil des projets, la conception des EPR évolue, suivant les clients, les exigences de sûreté, les optimisations, le REX. De nombreuses structures de pilotage de projets et des directions techniques coexistent dans les projets et les ingénieries.

Chaque projet étant responsable de son design, les EPR de Flamanville, de Taishan et de Hinkley Point C sont tous différents, privant le Groupe d'un effet de série, pourtant favorable à la qualité et à l'efficacité.

La DIPNN m'a présenté le rôle des *Product owners* (cf. rapport IGSNR 2019) qui fédèrent les nombreux acteurs concernés, pour une connaissance approfondie d'un sous-ensemble de l'installation. Au-delà, il serait pertinent de redéfinir l'équilibre entre les choix techniques communs à tous les projets et ceux qui pourraient rester à la main de chacun d'entre eux. Pour ce faire, je recommande de désigner une entité chargée de la cohérence d'ensemble des hypothèses et caractéristiques de conception des EPR.

L'APPROCHE PROCESSUS ET LE PROGRAMME SWITCH : DES TRANSFORMATIONS À MAÎTRISER

En 2019, la DIPNN, avait identifié 92 processus d'ingénierie pour couvrir le périmètre EPCC¹⁸. Dans un souci de simplification, leur nombre a été réduit à 48 et leur description est en cours. J'attire l'attention sur le risque, déjà mentionné par l'IGSNR, d'une approche trop détaillée que les acteurs auraient du mal à s'approprier. Au-delà

du projet de transformation, il faudra assurer, dans la durée, le pilotage de cette approche qui doit s'appuyer sur une gouvernance d'autant plus forte que les entités concernées sont nombreuses.

Le programme de transformation numérique Switch avance mais se heurte à des difficultés pourtant déjà identifiées : des ressources rares côté système d'information et insuffisamment disponibles côté métiers, l'adaptation à un contexte d'outils rapidement évolutifs et à des menaces nouvelles (cyberattaques). Les actions lancées pour résoudre ces difficultés et conduire le changement sans perturber les projets doivent être pilotées fermement.

Le nouveau report à l'été 2022 du basculement de l'outil de PLM, utilisé par le projet EPR 2 vers l'outil retenu par le programme Switch, illustre ces difficultés. La décision qui donne la priorité à la garantie d'intégrité des données transférées et aux performances du nouvel outil se comprend. Mais je déplore que les dispositions pour sécuriser le transfert n'aient pas été suffisamment anticipées conjointement par le programme Switch et par le projet EPR 2.

Plus généralement, l'appropriation de la transformation numérique par les équipes n'est pas manifeste dans les centres d'ingénierie. Il se dégage souvent l'impression que deux mondes, métier et outils, continuent à vivre en parallèle. Le changement culturel n'est pas encore là !

MES RECOMMANDATIONS

La réussite des projets du nouveau nucléaire passe par de meilleures performances. Pour progresser, je recommande au directeur de la DIPNN, en lien avec le directeur de la DPNT, de :

- mettre en place une organisation pérenne qui pilote la déclinaison des standards dans les projets ;
- désigner une entité responsable des caractéristiques de conception communes à l'ensemble des EPR ;
- simplifier les organisations en regroupant les compétences et en s'appuyant sur une transformation numérique portée par les métiers.

Pour garantir la sûreté au démarrage de Flamanville 3, premier EPR en France, je recommande au directeur de la DPNT d'organiser un bilan et un suivi de l'état de préparation du CNPE et de ses appuis.

Les règles générales d'exploitation des réacteurs EPR et EPR 2 sont complexes. Je recommande aux directeurs de la DIPNN, de la DPNT et d'EDF Energy d'engager sans tarder leur simplification, en lien avec les autorités de sûreté.

¹⁸ Engineering, Procurement, Construction and Commissioning.



La sûreté est une valeur essentielle de Framatome ainsi que la sécurité. Elles ont fait l'objet en 2021 d'actions importantes de formation à la culture de sûreté, et de renforcement de l'analyse et du retour d'expérience des accidents et presque accidents.

Des axes de progrès sont identifiés : analyse systématique des signaux faibles, montée en puissance de la filière indépendante de sûreté, développement des pratiques de fiabilisation des interventions, simplification de la documentation opérationnelle, conformité technique et réglementaire des machines.

Contrôle visuel de gaines de combustible

Le rapport de l'Inspection générale de Framatome

09

Framatome fournit des équipements et services dans les domaines du combustible, de l'ingénierie, des grands projets, des composants des chaudières nucléaires, de l'instrumentation nucléaire, du contrôle commande de sûreté et de la maintenance des installations nucléaires, en France et à l'international. La plupart de ces activités présentent des enjeux majeurs pour la sûreté.

Ce chapitre est rédigé par l'Inspecteur général de Framatome, Alain Payerment. Il présente sa vision, établie à partir de ses inspections. En raison du rôle spécifique de l'Inspection générale, la structure et le niveau de détail du présent chapitre sont différents des autres.

L'Inspection générale de Framatome

L'Inspection générale (IG) évalue pour le président de Framatome la robustesse de la sûreté nucléaire des entités opérationnelles, en France et à l'international. L'IG, dirigée par un Inspecteur général, compte quatre inspecteurs.

Elle exerce un contrôle indépendant des lignes managériales sur la sûreté, la radioprotection, la sécurité industrielle¹⁹, la sécurité au travail et l'environnement. Son activité fait l'objet d'un programme annuel présenté au Comité exécutif de Framatome.

À l'occasion de ses inspections, l'IG émet des recommandations suivies de plans d'actions menés par les entités. Des inspections de suivi contrôlent leur avancement.

L'IG réalise aussi des visites destinées à recueillir des signaux faibles en matière de sûreté et de sécurité auprès des collaborateurs de tous niveaux hiérarchiques et métiers, lors d'entretiens hors présence hiérarchique.

LA FORMATION, UNE ÉTAPE POUR ANCRER LA CULTURE DE SÛRETÉ SUR LE TERRAIN

Une première étape du développement de la culture de sûreté repose sur la formation de tous les collaborateurs par un réseau d'une centaine de formateurs au sein des *Business Units* (BU). Fin 2021, plus de 38 % des salariés de Framatome ont été formés, un résultat supérieur à l'objectif fixé à 25 % par an. Des auto-évaluations périodiques des entités sont réalisées.

Ces dispositions constituent, à mes yeux, le socle d'une culture de sûreté commune dont les managers doivent être les relais au quotidien.

¹⁹ Entendu comme la maîtrise des risques industriels notamment chimiques.

²⁰ Sûreté, sécurité, santé, environnement, protection.

L'Inspection générale a évalué la culture de sûreté des usines de Saint-Marcel, Paimbœuf et UGINE. Sur chaque site, une équipe d'évaluation d'une douzaine de personnes, dont deux managers d'autres BU désignés par le Comité exécutif, a réalisé plus d'une soixantaine d'entretiens ou visites de terrain. À l'issue de ces évaluations, je constate la qualité de la communication entre les niveaux hiérarchiques, favorable au développement de la culture de sûreté. Les améliorations doivent porter sur la présence des managers sur le terrain, la qualité de la documentation d'exploitation et le déploiement des pratiques de fiabilisation des interventions.

LE CONTRÔLE INDÉPENDANT À PLEINEMENT DÉPLOYER

La politique de sûreté de Framatome affirme la responsabilité de la ligne managériale en matière de sûreté. La filière indépendante de sûreté (FIS) exerce un contrôle à chaque niveau de l'organisation. L'Inspection générale constitue le second niveau de contrôle.

Je note des progrès sur le terrain : les missions de la FIS sont connues et les représentants au sein des entités sont désignés. Toutefois, à l'exception de Romans-sur-Isère et de la direction technique et ingénierie, je constate l'insuffisance des programmes de contrôle et des auto-évaluations annuelles. J'estime que ces faiblesses doivent être traitées afin que la FIS joue pleinement son rôle.

LA SÛRETÉ NUCLÉAIRE

UN COMITÉ D'ÉVALUATION DES ANALYSES POUR RENFORCER LE REX

Je souligne la création du Comité d'évaluation des analyses qui vise à renforcer l'analyse du retour d'expérience (REX) des événements significatifs dans les domaines de la sûreté, de la sécurité au travail et de l'environnement. Composé d'un représentant de l'Inspection générale et d'experts de la direction 3SEP²⁰ et des BU, ce comité se prononce de manière indépendante sur la pertinence des analyses des causes des événements et l'exhaustivité des plans d'actions. Je porterai une attention particulière à ses travaux en 2022.

LE PLAN EXCELL IN QUALITY : UNE CONTRIBUTION À LA SÛRETÉ

Le plan *Excell In Quality* s'est traduit par de nombreuses actions concrètes associant Framatome et ses fournisseurs dont :

- la création d'une équipe Supplier Quality Development, composée d'experts mis à disposition de la Supply Chain pour améliorer la qualité chez les fournisseurs ;
- la création de l'Inspection Academy ;
- le déploiement d'une nouvelle méthode de qualification industrielle des procédés de fabrication (Industrial Process Approval), notamment dans le cadre du projet EPR2 ;
- un investissement important dans la robotisation d'activités de soudage.

J'apprécie l'importance des moyens engagés et j'attends qu'ils améliorent la qualité de la production, au bénéfice de la sûreté.

La formation des inspecteurs qualité : l'Inspection Academy

Constat des plans Excell d'EDF et Excell in Quality de Framatome, la maîtrise de l'inspection des fournisseurs passe par l'internalisation de la formation des inspecteurs. C'est l'objectif de l'Inspection Academy. Fruit d'un partenariat avec l'École nationale d'ingénieurs de Metz, la formation dure deux mois sur les sites de Saint-Marcel (près des ateliers de l'usine, de l'école de soudage, d'un laboratoire d'essais non destructifs) et du Creusot afin de faciliter les exercices pratiques. Un diplôme universitaire sanctionne ce cursus.

La formation théorique porte notamment sur les règles de conception et de construction, les techniques de soudage et les procédés de contrôle. Après leur formation théorique, les stagiaires bénéficient d'un tutorat pratique de plus de deux mois avant d'être qualifiés.

En 2021, trois promotions (27 collaborateurs de Framatome et 3 d'EDF) ont suivi ce cursus. À terme, l'Inspection Academy a vocation à devenir le socle d'une formation commune des inspecteurs d'EDF et de Framatome.

LES RÉSULTATS DE SÛRETÉ

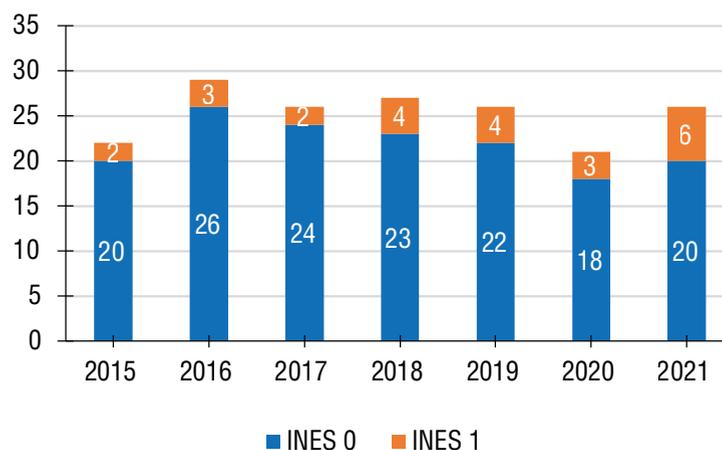
Aucun événement de niveau 2 ou plus sur l'échelle INES n'a été déclaré en 2021. Le nombre d'événements significatifs de niveau 1 (6) augmente par rapport aux années précédentes.

Ces 6 événements de niveau 1 ont été déclarés par le site de Romans-sur-Isère, une des trois usines Framatome de fabrication du combustible. Ils relèvent tous d'un défaut de maîtrise du risque de criticité.

Trois ont pour origine un non-respect préoccupant des règles de gestion des matières uranifères par les opérateurs. L'Inspection générale a conduit une inspection réactive à la suite de l'événement du 19 avril 2021, relatif au transfert et à l'entreposage non conformes de récipients contenant de la matière uranifère (voir p. 61). Je note que trois des causes identifiées sont potentiellement communes aux autres événements de Romans-sur-Isère :

- la complexité du référentiel de sûreté, dans lequel la multiplication et la superposition d'exigences se rapportant à la même opération créent des ambiguïtés et des risques de confusion ;
- une documentation opérationnelle peu opératoire et trop centrée sur le rappel des exigences du référentiel de sûreté ;
- le manque de pratique de fiabilisation des interventions (PFI).

Je suivrai la mise en œuvre du plan d'actions présenté au Comité exécutif par le site de Romans-sur-Isère, qui engage notamment la simplification de la documentation et son application opérationnelle. L'Inspection générale en contrôlera l'avancement en 2022.



Évolution du nombre d'événements INES

Romans-sur-Isère : événement relatif à la maîtrise du risque de criticité

L'événement est survenu dans l'installation nucléaire de base dédiée à la fabrication d'éléments combustibles utilisés dans les réacteurs à eau sous pression.

Dans cette installation, un réseau aspire les poussières de matière uranifère présentes dans les équipements. Cette matière est entreposée en bouteillons, sur des emplacements dédiés et verrouillés au sol, avant transport vers le tamisage qui sépare la matière uranifère des autres résidus. Ces bouteillons doivent être transportés un par un. Or, les opérateurs les ont déplacés avec un chariot interdit pour ce type de matière.

Cet événement n'a eu de conséquences ni sur les travailleurs ni sur l'environnement.

L'Inspection générale a mis en évidence des modes opératoires difficilement exploitables car établis sur un référentiel de sûreté complexe, l'absence de pratique de fiabilisation des interventions ainsi que des défauts d'organisation des interventions et des équipes.

LA RADIOPROTECTION, DES RÉSULTATS STABLES

En 2021, les doses moyennes des salariés de Framatome (1,1 mSv) et des entreprises extérieures (0,1 mSv) n'évoluent pas par rapport à 2020.

Le nombre des salariés ayant reçu une dose inférieure au seuil d'enregistrement (dose nulle) est de 28 % (37 % en 2020) pour Framatome et de 36 % (23 % en 2020) pour les entreprises extérieures.

Les entités, au sein desquelles les doses annuelles moyennes sont les plus importantes, font partie de la *BU Installed Base* et ont des activités dans le domaine du contrôle et de la maintenance des centrales nucléaires : Lynchburg aux États-Unis et Chalon, Intercontrôle ou Maubeuge en France. Ainsi, les 44 collaborateurs ayant reçu une dose annuelle supérieure à 10 mSv (57 en 2020) sont répartis principalement entre Lynchburg (29) et Chalon (13). C'est aussi dans ces établissements que les doses annuelles les plus élevées sont enregistrées pour les salariées de Framatome (15,7 mSv à Lynchburg) et pour les sous-traitants (6,4 mSv à Maubeuge). Ce bilan souligne l'importance d'une politique robuste de gestion prévisionnelle des doses reçues, qui intègre rapidement les changements de planification des activités les plus à risque.

²¹ Lost Time Injury Rate.

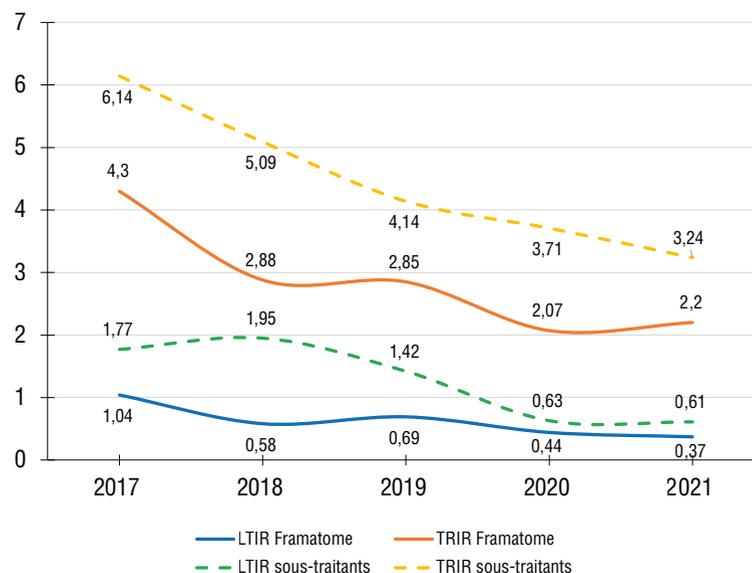
²² Total Recordable Injury Rate.

LA SÉCURITÉ AU TRAVAIL : DES RÉSULTATS NUANCÉS

Fruits d'un réel engagement et de plans d'actions déterminés, les résultats chez les sous-traitants continuent de s'améliorer en 2021, qu'il s'agisse du taux de fréquence des accidents avec arrêt (*LTIR*²¹ à 0,61, inférieur à l'objectif de 1) ou du taux de fréquence des accidents avec et sans arrêt (*TRIR*²² à 3,24, inférieur à l'objectif de 3,5).

Concernant les salariés de Framatome, le *LTIR* (0,37) est meilleur que l'objectif fixé (1), il évolue peu (0,44 en 2020). Après une baisse de plusieurs années, le *TRIR* remonte légèrement à 2,2 en 2021 (2,07 en 2020) pour un objectif fixé à 2. Je considère qu'inverser cette tendance passe par une analyse systématique, par les managers, des situations à risques et des signaux faibles.

Je souligne que le COMEX a demandé que les analyses des presque accidents les plus significatifs lui soient présentées.



Évolution des indicateurs de fréquence d'accidents

Le programme 5 *TOP killers* d'éradication des principaux risques mortels (travaux en hauteur, levage, maîtrise des énergies, équipements mobiles, espaces confinés) a fait l'objet d'un audit *corporate*, qui a évalué la conformité des pratiques de chaque entité. Parmi les axes de progrès identifiés, je retiens le besoin de mieux encadrer les travaux en hauteur et les opérations de levage, à l'origine de nombreux événements.

J'apprécie la création d'un réseau de référents levage qui répond à ma recommandation relative à l'analyse des causes profondes et au partage du retour d'expérience des événements survenus lors des opérations de levage.

Le réseau des référents levage

Face à la recrudescence d'événements lors d'opérations de levage, le COMEX de Framatome a décidé de créer un réseau de référents.

Son organisation s'inspire du réseau similaire d'EDF dans les CNPE. Ses objectifs sont de professionnaliser les acteurs et de favoriser le partage des bonnes pratiques et connaissances. Chaque site industriel de Framatome désigne un référent levage doté des moyens d'action pour encadrer, assister et surveiller les opérations. Il assure aussi les formations, participe aux analyses d'événements et a autorité pour interdire toute opération non conforme aux standards, à la réglementation ou aux règles de l'art.

Les référents levage sont formés par un organisme compétent (APAVE en France).

Des réunions régulières du réseau sont prévues pour partager le retour d'expérience et les bonnes pratiques.

Plusieurs accidents ou presque accidents ont rappelé l'importance de la conformité des machines. Lors des inspections, je constate un manque de rigueur en matière de contrôles exigés par la réglementation. L'IG conduira, en 2022, plusieurs inspections sur ce thème aux enjeux humains et industriels importants.

BILAN DES INSPECTIONS

En 2021, l'Inspection générale a réalisé 19 inspections thématiques, 1 inspection réactive et 11 inspections de suivi de ses recommandations.

Compte tenu de la crise sanitaire, les trois inspections de Richland ont été réalisées à distance.

LA GESTION DE LA CONFIGURATION, LA CRITICITÉ ET LA RADIOPROTECTION À RICHLAND

En accord avec l'autorité de sûreté américaine (NRC), l'Inspection générale réalise chaque année deux inspections à Richland portant chacune sur l'un des six sujets suivants : gestion de crise, radioprotection et environnement, risque incendie, gestion de la criticité, risque chimique, formation et entraînement, selon une périodicité triennale.

En 2021, la gestion de la criticité et la radioprotection ont été retenues. Dans ces domaines, les organisations rigoureuses et les processus robustes s'appuient sur des programmes dédiés permettant un pilotage efficace des actions d'amélioration. J'incite Richland à :

- renforcer la traçabilité des exigences des autorités administratives ;
- mettre en œuvre les recyclages des experts en criticité ;
- assurer les formations réglementaires, notamment en matière d'environnement ;
- formaliser le programme de surveillance radiologique à l'extérieur du site.

L'Inspection générale a, en outre, contrôlé la gestion de configuration des installations. Le processus inspecté permet un pilotage rigoureux et adapté aux enjeux de sûreté des modifications des procédés industriels. Identifier en amont les équipements importants pour la sûreté et mieux prendre en compte les facteurs organisationnels et humains permettraient d'en renforcer l'efficacité.

LE CONFINEMENT DES MATIÈRES NUCLÉAIRES À LINGEN ET À ROMANS-SUR-ISÈRE

Dans ces deux sites, le confinement fait l'objet d'analyses de risques solides, d'un référentiel technique précis et d'une démarche efficace d'amélioration continue. L'exposition radiologique des salariés et les impacts sur l'environnement sont bien maîtrisés.

À Romans-sur-Isère, les responsabilités des unités opérationnelles en matière de confinement doivent être précisées et les objectifs dosimétriques annuels figurer dans le *masterplan* du site.

À Lingén, la révision périodique de la documentation opératoire doit se conformer aux dispositions du système de management intégré de Framatome.

LA GESTION DES COMPÉTENCES ET DES QUALIFICATIONS

En 2021, les sites du Creusot, de Saint-Marcel et de Montreuil-Juigné ont été inspectés sur leur capacité à gérer et à anticiper les compétences et les qualifications nécessaires à leurs activités.

Dans les trois sites, l'organisation, les processus, les pratiques et les nombreuses actions de progrès témoignent d'une prise en compte adaptée aux enjeux de sûreté et de sécurité. Les méthodes de gestion prévisionnelle des emplois et des compétences (GPEC) sont déployées. Les formations délivrées garantissent un socle de connaissances communes et satisfont aux exigences réglementaires. Les parcours d'intégration des personnels embauchés visent à transmettre les savoirs et savoir-faire.

Les améliorations doivent porter sur la conformité du référentiel documentaire aux exigences réglementaires et internes à Framatome et sur la mise en œuvre effective des règles de gestion des compétences et des habilitations. Sur ce point, l'implication des managers de proximité est essentielle.

LA PRÉVENTION DES RISQUES AU POSTE DE TRAVAIL

En 2021, le site de Jeumont et un chantier de maintenance de Framatome au CNPE de Chinon ont été inspectés.

À Jeumont, le développement de la culture de sûreté et une démarche de vigilance partagée favorisent la remontée des signaux faibles. Les principaux risques font l'objet d'analyses approfondies et de plans d'actions impliquant les salariés. La gestion des produits chimiques ainsi que le suivi des contrôles réglementaires et la sécurité des machines doivent être renforcés.

Dans le CNPE de Chinon, les équipes de maintenance de Framatome bénéficient du soutien de la *BU Installed Base* en sécurité au travail et en radioprotection. Les référentiels réglementaires et contractuels sont à jour, les responsabilités définies, y compris les interfaces avec l'exploitant, les pratiques de fiabilisation des interventions déployées et les écarts traités, avec EDF si nécessaire. Les délégations de signature des habilitations réglementaires et les protocoles de secours, lors des opérations présentant des risques mortels (manutentions, travaux en hauteur, etc.), doivent être formalisés.

LA MAÎTRISE DES ACTIVITÉS SOUS-TRAITÉES À ROMANS-SUR-ISÈRE

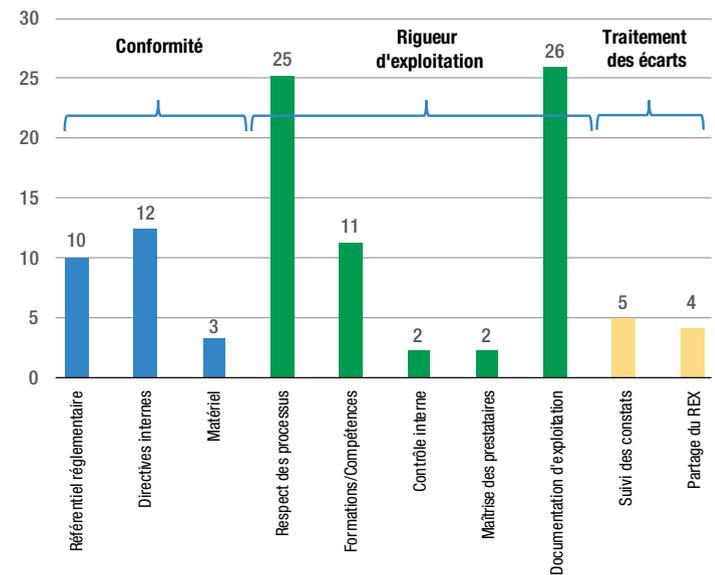
À Romans-sur-Isère, l'organisation des responsabilités, la veille réglementaire, les qualifications et l'indépendance des personnels chargés de la surveillance des prestataires, le contrôle des agréments des sous-traitants contribuent à la maîtrise des activités sous-traitées.

Une plus grande attention doit être portée à la prise en compte des exigences de sûreté dans les cahiers des charges des prestations, à la qualité des comptes rendus de surveillance des prestataires qui doivent conditionner leur sélection ultérieure, à l'analyse des événements liés aux activités des sous-traitants et au renforcement du contrôle indépendant.

BILAN DES RECOMMANDATIONS

En 2021, l'Inspection générale a émis 65 recommandations et en a soldé 50, dont 17 de plus de deux ans. Il reste 100 recommandations en cours dont 3 de plus de deux ans. L'objectif de réduire à moins de dix le nombre de recommandations de plus de deux ans a été atteint. Il sera reconduit en 2022.

La rigueur d'exploitation (essentiellement le respect des processus et la qualité de la documentation d'exploitation) est le thème principal des recommandations (66 %), suivie par la conformité réglementaire (25 %) et le traitement des écarts (9 %).



Typologie des recommandations en cours

MES RECOMMANDATIONS

Recourir aux pratiques de fiabilisation des interventions (PFI) lors des seules opérations les plus à risques ne suffit pas. Pour réduire significativement le nombre d'événements ayant pour origine le facteur humain, je recommande d'en étendre l'utilisation et d'en définir les conditions d'application dans les standards de Framatome.

Les non-conformités techniques ou réglementaires des machines exposent à des risques humains et industriels importants. Je recommande de réaliser un état des lieux des machines ainsi que des pratiques en matière de contrôles réglementaires et de prendre les mesures d'amélioration nécessaires.



CNPE de Cattenom

Annexes

LES INDICATEURS DE RÉSULTATS DES PARCS NUCLÉAIRES

EDF SA
EDF ENERGY

LES ÉTAPES INDUSTRIELLES DES UNITÉS DE PRODUCTION

EDF SA
EDF ENERGY

LES SITES NUCLÉAIRES

EDF SA
EDF ENERGY
FRAMATOME

TABLE DES ABRÉVIATIONS

LES INDICATEURS DE RÉSULTATS DU PARC NUCLÉAIRE D'EDF SA

N°	Indicateurs	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
1	Nombre d'événements significatifs pour la sûreté classés dans l'échelle INES (1 et plus), par réacteur ¹	1,55	1,19	1,14	1,16	0,98	1,12	1,28	1,45	1,4	1,34
2	Nombre d'événements significatifs pour la sûreté (INES 0 et plus), par réacteur	11,90	11,60	10,8	10,03	9,78	11,59	12,6	12,7	12,4	12,9
3	Nombre d'événements significatifs, par réacteur <ul style="list-style-type: none"> • Non-conformités aux STE • Réactivité 	1,52 -	1,34 -	1,55 -	1,24 -	1,48 -	1,41 0,9	1,69 0,7	1,8 0,9	1,5 0,6	1,5 1,0
4	Nombre de non-conformités ² de configuration de circuits par réacteur	1,78	1,22	1,41	1,74	1,64	1,78	1,24	1,4	1,3	1,1
5	Nombre d'arrêts du réacteur, par réacteur (et pour 7 000 heures de criticité ³) <ul style="list-style-type: none"> • Automatiques • Manuels 	0,55 0,03	0,59 0,03	0,53 0,07	0,66 0	0,48 0	0,38 0,04	0,31 0	0,53 0,03	0,29 0,04	0,53 0
6	Dose opérationnelle collective moyenne, par tranche en service (en hSv)	0,67	0,79	0,72	0,71	0,76	0,61	0,67	0,74	0,61	0,71
7	Dosimétrie individuelle : <ul style="list-style-type: none"> • 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 2 22	0 0 18	0 0 5	0 0 2	0 0 1	0 0 0	0 0 1	0 0 0	0 0 0	0 0 0
8	Nombre d'événements significatifs pour la radioprotection	114	116	113	109	117	131	170	171	173	108
9	Disponibilité (%)	79,7	78,0	80,9	80,8	79,6	77,1	76,5	74	71,9	72,9
10	Indisponibilité fortuite (%)	2,8	2,6	2,4	2,48	2,02	3,26	3,7	3,95	5	4,55
11	Taux de fréquence des accidents du travail avec arrêt Tfg (pour 1 million d'heures travaillées) ⁴	3,5	3,3	3,2	2,7	2,8	2,2	2,3	3,3	2,9	2,93
12	Taux de fréquence des accidents du travail avec arrêt LTIR (pour 1 million d'heures travaillées) ⁴	-	-	-	-	-	-	-	2,4	2,2	3,2

¹ Hors événements dits génériques.

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 (série statistique retraitée en 2018).

³ Valeur moyenne de tous les réacteurs à la différence de la valeur WANO, qui prend en compte la valeur du réacteur médian (hors cause externe).

⁴ Taux de fréquence DPN et prestataires.

LES INDICATEURS DE RÉSULTATS DU PARC NUCLÉAIRE D'EDF ENERGY

N°	Indicateurs	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
1	Nombre d'événements classés dans l'échelle INES (1 et plus), par réacteur	0,80	0,80	0,33	0,47	0,27	0,47	0,53	0,27	0,07	0,47
2	Nombre d'événements sûreté dans l'échelle INES (0 et plus) par réacteur ¹	4,60	5,13	4,47	7,40	10,00	6,13	5,93	6,73	5,47	6,20
3	Nombre de cas de non-conformité aux STE, par réacteur	1,67	0,67	1,53	1,00	0,80	0,60	0,60	0,67	0,87	0,53
4	Nombre de non-conformités ² de configuration de circuits par réacteur	3,07	3,33	2,80	2,87	3,13	0,93	1,67	1,67	1,00	1,33
5	Nombre d'arrêts du réacteur, par réacteur (et pour 7 000 heures de criticité ³) • Automatiques • Manuels	0,64 0,84	0,45 1,03	1,17 0,62	0,57 0,19	0,3 0,42	0,49 0,37	0,89 0,20	0,56 0,32	0,35 0,00	0,63 0,27
6	Dose opérationnelle collective moyenne, par tranche en service (en hSv) • PWR • AGR	0,037 0,063	0,386 0,034	0,365 0,074	0,048 0,067	0,544 0,021	0,296 0,020	0,096 0,050	0,255 0,032	0,031 0,013	0,383 0,012
7	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	50	27	27	18	20	10	23	28	26	29
9	Disponibilité (%) : • Parc EDF Energy • PWR • AGR	78,0 89,2 76,3	78,9 83,0 78,2	72,1 84,1 70,2	77,3 100 73,7	83,0 82,0 83,1	81,6 83,8 81,2	76,1 89,4 74,0	65,8 80,6 63,5	61,7 99,4 55,9	60,4 64,2 59,7
10	Indisponibilité fortuite (%) : • Parc EDF Energy • PWR • AGR	8,9 9,9 8,7	6,9 0,2 7,9	10,7 0,7 12,3	2,3 0 2,7	5,1 0,1 5,8	5,0 0,0 5,7	3,1 2,2 3,3	4,0 0,2 4,7	5,0 0,6 6,2	12,3 0,0 14,3
11	Taux de fréquence des accidents du travail avec arrêt LTIR (pour 1 million d'heures travaillées) ⁴	0,5	0,2	0,2	0,4	0,3	0,2	0,5	0,3	0,3	0,3
12	Taux de fréquence des accidents du travail avec et sans arrêt TRIR (pour 1 million d'heures travaillées) ⁴	1,9	0,7	0,8	0,6	0,7	0,4	1,1	1,0	0,7	0,5

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 Nuclear Generation et prestataires.

LES ÉTAPES INDUSTRIELLES DES UNITÉS DE PRODUCTION D'EDF SA

Année de mise en service	Unité de production	Puissance en MWe*	VD1	VD2	VD3	VD4
1977	Fessenheim 1	880	1989	1999	2009	N/A
1977	Fessenheim 2	880	1990	2000	2011	N/A
1978	Bugey 2	910	1989	2000	2010	2020
1978	Bugey 3	910	1991	2002	2013	-
1979	Bugey 4	880	1990	2001	2011	2020
1979	Bugey 5	880	1991	2001	2011	2021
1980	Dampierre 1	890	1990	2000	2011	2021
1980	Dampierre 2	890	1991	2002	2012	2022
1980	Gravelines 1	910	1990	2001	2011	2021
1980	Gravelines 2	910	1991	2002	2013	-
1980	Gravelines 3	910	1992	2001	2012	2022
1980	Tricastin 1	915	1990	1998	2009	2019
1980	Tricastin 2	915	1991	2000	2011	2021
1980	Tricastin 3	915	1992	2001	2012	2022
1981	Blayais 1	910	1992	2002	2012	2022
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	2022
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	2016	-
1983	Cruas 1	915	1995	2005	2015	-
1984	Cruas 2	915	1997	2007	2018	-
1984	Cruas 3	915	1994	2004	2014	-

VD1 : 1^{re} visite décennale
 VD2 : 2^e visite décennale
 VD3 : 3^e visite décennale
 VD4 : 4^e visite décennale

Année de mise en service	Unité de production	Puissance en MWe*	VD1	VD2	VD3	VD4
1984	Cruas 4	915	1996	2006	2016	-
1984	Gravelines 5	910	1996	2006	2016	-
1984	Paluel 1	1330	1996	2006	2016	-
1984	Paluel 2	1330	1995	2005	2018	-
1985	Flamanville 1	1330	1997	2008	2018	-
1985	Gravelines 6	910	1997	2007	2018	-
1985	Paluel 3	1330	1997	2007	2017	-
1985	St-Alban 1	1335	1997	2007	2017	-
1986	Cattenom 1	1300	1997	2006	2016	-
1986	Chinon B3	905	1999	2009	2019	-
1986	Flamanville 2	1330	1998	2008	2019	-
1986	Paluel 4	1330	1998	2008	2019	-
1986	St-Alban 2	1335	1998	2008	2018	-
1987	Belleville 1	1310	1999	2010	2020	-
1987	Cattenom 2	1300	1998	2008	2018	-
1987	Chinon B4	905	2000	2010	2020	-
1987	Nogent 1	1310	1998	2009	2019	-
1988	Belleville 2	1310	1999	2009	2019	-
1988	Nogent 2	1310	1999	2010	2020	-
1990	Cattenom 3	1300	2001	2011	2021	-
1990	Golfech 1	1310	2001	2012	2022	-
1990	Penly 1	1330	2002	2011	2021	-
1991	Cattenom 4	1300	2003	2013	-	-
1992	Penly 2	1330	2004	2014	-	-
1993	Golfech 2	1310	2004	2014	-	-
1996	Chooz B1	1500	2010	2020	-	-
1997	Chooz B2	1500	2009	2019	-	-
1997	Civaux 1	1495	2011	2020	-	-
1999	Civaux 2	1495	2012	2022	-	-

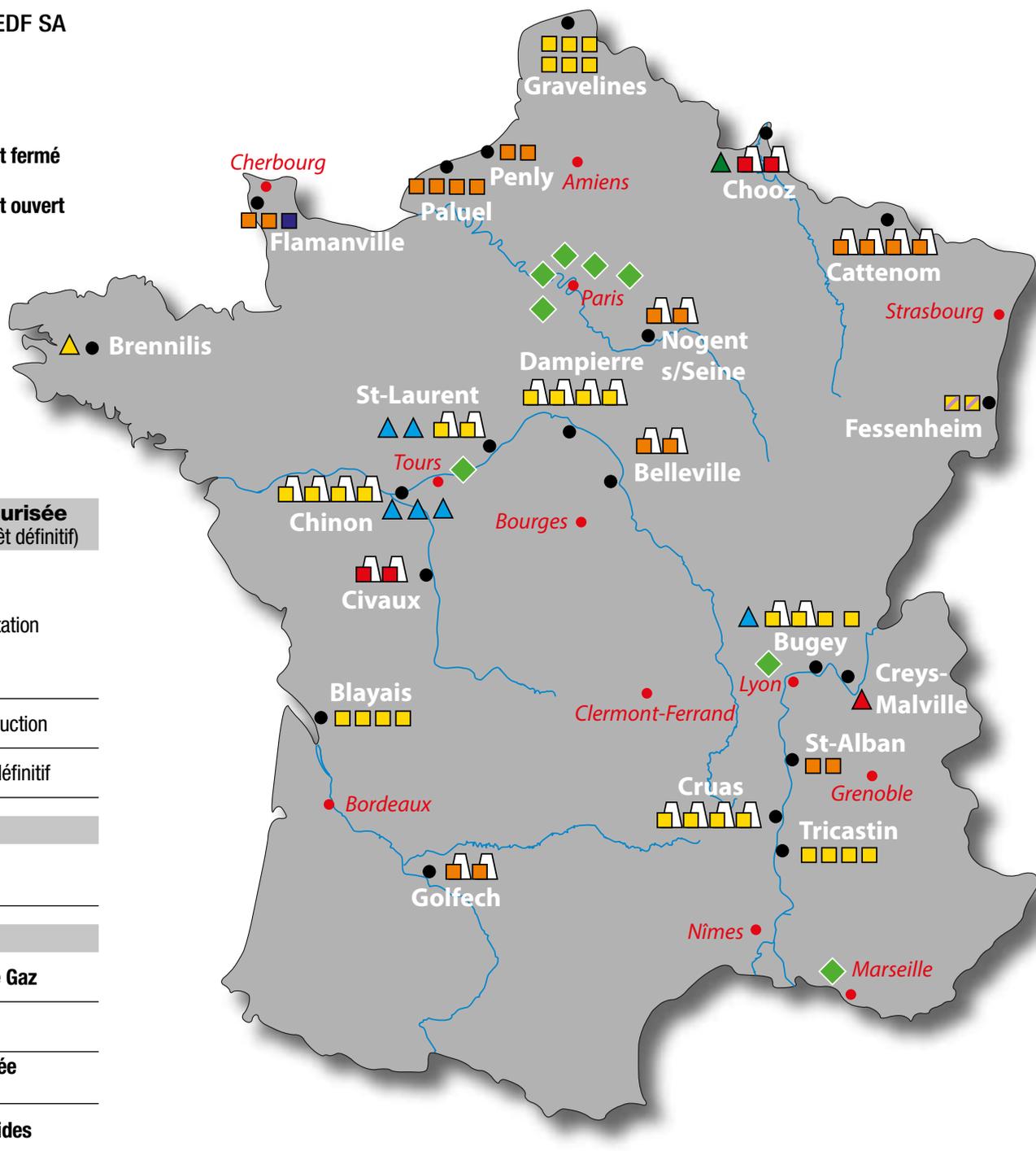
(*) Puissance Continue Nette (PCN)

LES ÉTAPES INDUSTRIELLES DES UNITÉS DE PRODUCTION D'EDF Energy

Année de mise en service	Unité de production	Réacteur numéro	Puissance MWe	Date prévue de mise à l'arrêt définitif
1976	Hinkley Point B	R3	480	2022
1976	Hinkley Point B	R4	475	2022
1976	Hunterston B	R3	480	2021
1976	Hunterston B	R4	485	2022
1983	Dungeness B	R21	525	2021
1983	Dungeness B	R22	525	2021
1983	Heysham 1	R1	580	2024
1983	Heysham 1	R2	575	2024
1983	Hartlepool	R1	595	2024
1983	Hartlepool	R2	585	2024
1988	Heysham 2	R7	615	2030
1988	Heysham 2	R8	615	2030
1988	Torness	R1	590	2030
1988	Torness	R2	595	2030
1995	Sizewell B		1198	2035

LES SITES NUCLÉAIRES D'EDF SA

- Refroidissement en circuit fermé
- Refroidissement en circuit ouvert



Réacteurs à eau pressurisée (exploitation, construction et arrêt définitif)

32	900 MWe	
20	1 300 MWe	Exploitation
4	1 450 MWe	
1	1 600 MWe (EPR)	Construction
2	900 MWe	Arrêt définitif

Ingénierie

8	Ingénierie
----------	------------

Déconstruction

6	Uranium Naturel Graphite Gaz
1	Eau Lourde
1	Réacteur à eau pressurisée (300 MWe)
1	Réacteur à Neutrons Rapides

Sommaire

Mon regard

01

02

03

04

05

06

07

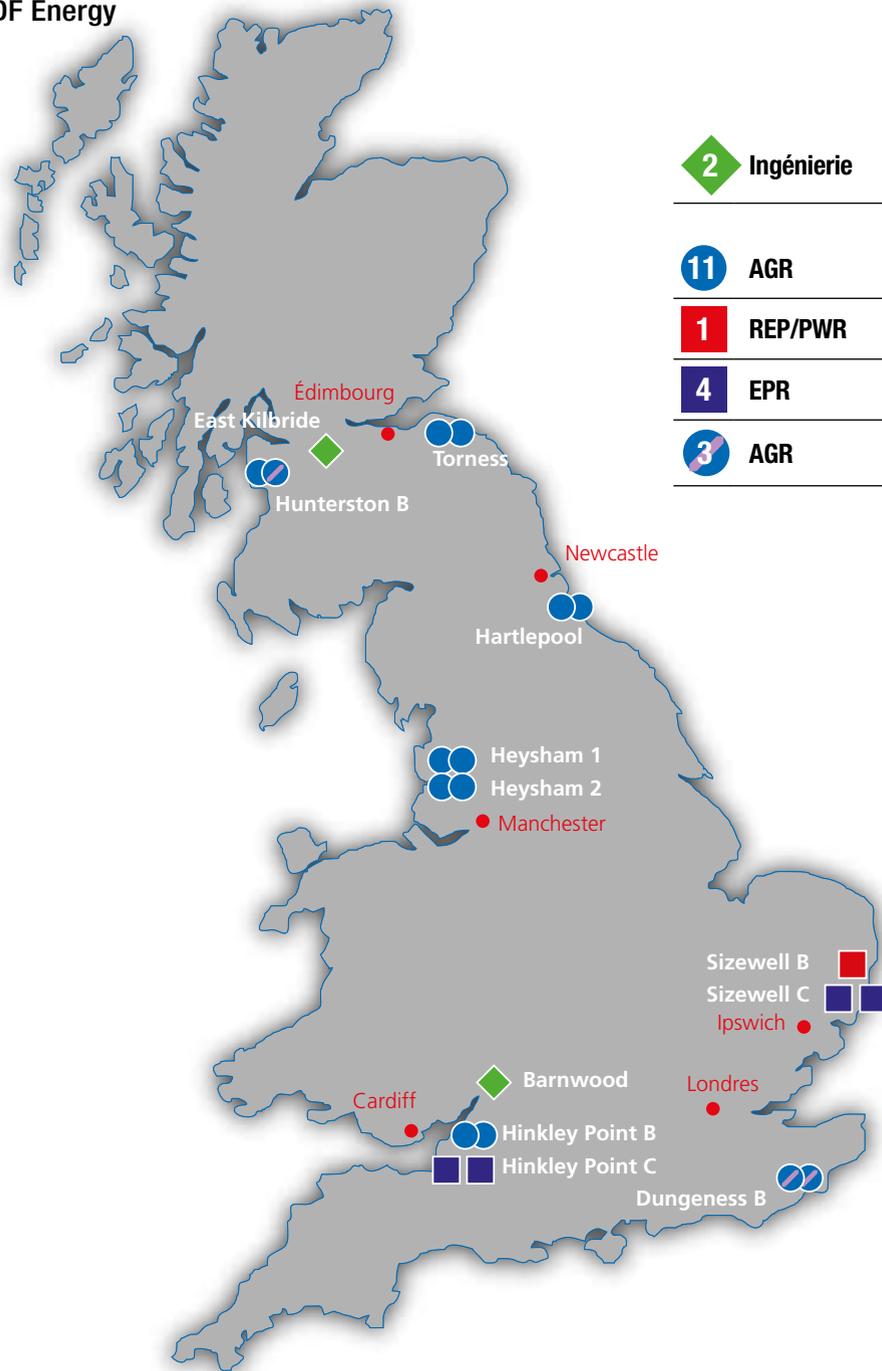
08

09

Annexes

Abréviations

LES SITES NUCLÉAIRES D'EDF Energy



LES SITES DE FRAMATOME

Sommaire

Mon regard

01

02

03

04

05

06

07

08

09

Annexes

Abréviations



TABLE DES ABRÉVIATIONS

A

AAR	Arrêt Automatique de Réacteur
AGR	Advanced Gas-cooled Reactor
AIP	Activité Importante pour la Protection des intérêts
AIEA	Agence Internationale de l'Énergie Atomique
ALARA	As Low As Reasonably Achievable
AMR	Arrêt Manuel de Réacteur
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
AT	Arrêt de Tranche

C

CEA	Commissariat à l'Énergie Atomique et aux Énergies Alternatives
CEFRI	Comité français de certification des entreprises pour la formation et le suivi du personnel travaillant sous rayonnements ionisants
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 Internationale de Protection Radiologique
CLI	Commission Locale d'Information
CNC	Civil Nuclear Constabulary
CNEPE	Centre National d'Équipement de Production d'Électricité (DIPNN)
CNPE	Centre Nucléaire de Production d'Électricité
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 de la DPN

D

DACI	Direction Autorité de Contrôle Indépendant (Edvance)
DCN	Division Combustible Nucléaire
DFISQ	Département Filière Indépendante de Sûreté et de Qualité (DIPNN)
DI	Direction Industrielle (DIPNN)
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
DOE	Department of Energy (États-Unis)
DP2D	Direction des Projets Déconstruction et Déchets
DPN	Division Production Nucléaire
DPNT	Direction du Parc Nucléaire et Thermique
DRS	Directoire des Réexamens de Sûreté
DSPTN	Direction Support aux Projets et Transformation Numérique (DIPNN)
DT	Direction Technique (DIPNN)
DTEAM	Division Thermique Expertise Appui industriel Multi métier
DTEO	Direction de la Transformation et Efficacité Opérationnelle
DTG	Division Technique Générale (EDF Hydro)
DTI	Direction Technique et de l'Ingénierie (Framatome)

E

EDT	Équipe Dédicée Terrain
EDVANCE	Filiale d'EDF (80 %) et Framatome (20 %)
EGE	Évaluation Globale d'Excellence
EIP	Élément Important pour la Protection des intérêts
EIPS	Équipement d'Intérêt Protégé pour la Sûreté
EPR	European Pressurised Reactor
EPRI	Electric Power Research Institute (États-Unis)
ESPN	Équipements Sous Pression Nucléaires
ESR	Événement Significatif en Radioprotection
ESS	Événement Significatif de Sûreté
EVEREST	Évaluer VERs une Entrée Sans Tenue universelle (Projet de reconquête de la propreté radiologique)

F

FARN	Force d'Action Rapide du Nucléaire
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)
GIFEN	Groupement des Industriels Français de l'Énergie Nucléaire
GK	Programme Grand Carénage
GPEC	Gestion Prévisionnelle des Emplois et des Compétences
GPSN	Groupe Performances Sûreté Nucléaire (UNIE)

H

HCTISN	Haut-Comité pour la Transparence et l'Information sur la Sécurité Nucléaire
HPC	Projet Hinkley Point C (Royaume-Uni)

I

ICPE	Installation Classée pour la Protection de l'Environnement
IN	Inspection Nucléaire (DPN)
INA	Independent Nuclear Assurance (EDF Energy)
INB	Installation Nucléaire de Base
INES	International Nuclear Events Scale
INPO	Institute of Nuclear Power Operations (États-Unis)
INSAG	International Nuclear SAFety Group (AIEA)
IRAS	Ingénieur chargé des Relations avec l'ASN (CNPE)
IRSN	Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire

L

LLS	Turboalternateur d'ultime secours
LTIR	Lost Time Injury Rate

M

MAAP	Mission d'Appui et d'Assistance à la Performance (DPNT)
MARN	Mission d'Appui à la gestion des Risques Nucléaires
MDL	Manager de Deuxième Ligne
MEEI	Maintenir un État Exemplaire des Installations (projet de la DPN)
MME	Méthodes de Maintenance et d'Exploitation
MPL	Manager de Première Ligne
MQME	Plan de Maîtrise de 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)
NNB	Nuclear New Build (EDF Energy)
NNSA	National Nuclear Security Administration (Chine)
NRC	Nuclear Regulatory Commission (États-Unis)

O

OIU	Organe d'Inspection de l'Utilisateur
ONR	Office for Nuclear Regulation (Royaume-Uni)
OSART	Operational Safety Review Team (AIEA)

P

PBMP	Programme de Base de Maintenance Préventive
PCCF	Projet Conformité Creusot Forge (Framatome)
PDC	Plan de Développement des Compétences de l'ingénierie nucléaire
PFI	Pratiques de Fiabilisation des Interventions
PGAC	Prestations Générales d'Assistance aux Chantiers
PLM	Plant Lifecycle Management
PPAS	Plan Pluriannuel d'Amélioration de la Sécurité (Framatome)
PSPG	Peloton Spécialisé de Protection de la Gendarmerie
PUI	Plan d'Urgence Interne

R

R&D	Direction Recherche et Développement
REP	Réacteur à Eau Pressurisée
REX	Retour d'EXpérience
RGV	Remplacement des générateurs de vapeur
RIS	Circuit d'injection d'eau de secours pour assurer le refroidissement du réacteur
RTE	Réseau de Transport d'Électricité

S

SAT	Systematic Approach to Training
SDIN	Système D'Information du Nucléaire
SDIS	Services Départementaux d'Incendie et de Secours
SIR	Service d'Inspection Reconnu
SMART	Programme de digitalisation de la DIPDE
SMI	Système de Management Intégré
SODT	Safety Oversight Delivery Team
SOER	Significant Operating Experience Report (WANO)
SOH	Socio-Organisationnel et Humain
SP	Structures Palier (DPN)
SPR	Service Prévention des Risques
STE	Spécifications Techniques d'Exploitation
SWITCH	Programme de transformation numérique de la DIPNN
SYGMA	SYstème de Gestion de la MAintenance

T

TEM	Tranche En Marche
TNPJVC	Joint-venture entre CGN (51 %), Guangdong Yudean group Company (19%) et EDF (30 %)
TRIR	Total Recordable Injury Rate
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 proFessionalisation pour la Performance Industrielle (DTEAM)
UGM	Université Groupe du Management
UNGG	Uranium Naturel Graphite Gaz
UNIE	UNité d'Ingénierie d'Exploitation (DPN)
UTO	Unité Technique Opérationnelle (DPN)

V

VD	Visite Décennale
VP	Visite Partielle

W

WANO	World Association of Nuclear Operators
WENRA	Western European Nuclear Regulators Association



Bertrand de L'EPINOIS, Jean-Paul JOLY, Jean-Michel FOURMENT, Jean CASABIANCA, Stephen PREECE

CRÉDITS PHOTOGRAPHIQUES

BEAUMONT Romain - CARAVECO Marc - CNPE de Golfech - CNPE de Nogent - D'ARAM Thomas - DIPNN - DUPONT Cyrille - EDF - EDF Direction technique - EDF Energy - Framatome - Freepik - KMSp - LACOUR Richard - MORGANTI David - MORIN Alexis - MOURET Thierry - PEDRONO Emmanuel - RAMSES - VAN ELSLANDER - Sébastien - WAECKEL Nicolas - WALLACE Valéry

E.D.F.
Présidence IGSNR
22-30, avenue de Wagram
75008 Paris
☎ : +33 (0)1 40 42 25 20

www.edf.com