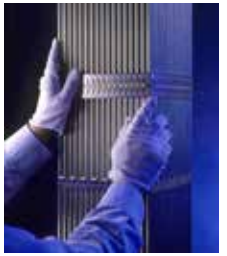
Rapport de l'Inspecteur Général pour

# la Sûreté Nucléaire et la Radioprotection

# 2019



# AVANT-PROPOS

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

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

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

Comme chaque année, il ne recherche pas l'exhaustivité des sujets abordés. Le nombre de chapitres et le volume de chacun d'eux sont délibérément limités pour faciliter la mise en lumière des points les plus significatifs.

Ce rapport porte sur tout ce qui, dans le groupe EDF, contribue à la sûreté des activités nucléaires. Il s'agit, en particulier, de l'ingénierie et de l'exploitation en France et au Royaume-Uni. S'agissant des deux parcs nucléaires, il faut se garder de comparaisons hâtives car les technologies, les tailles et les contextes réglementaires sont différents.

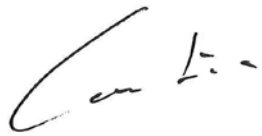
Mon évaluation est fondée sur les informations et les observations recueillies durant l'année auprès des équipes de terrain, lors de visites dans les unités et à l'occasion de rencontres avec les principales parties prenantes : représentants du personnel, membres du corps médical, entreprises prestataires,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

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

Je voudrais également remercier Jean-Michel Fourment, André Palu, Bertrand de L'Épinois et Stephen Preece qui n'ont pas ménagé leurs efforts, notamment lors de la rédaction de ce rapport. J'y joins une mention particulière pour John Morrison qui a quitté l'équipe en 2019. Comme l'an dernier, le chapitre consacré à Framatome est rédigé par son Inspecteur général, Alain Payement.

Bien que ce document n'ait pas vocation d'outil de communication externe, il 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,**



**François de Lastic**
**Paris, le 22 janvier 2020**

[1] *World Association of Nuclear Operators.*

# Sommaire


| | | |
|---|---|---|
| | Mon regard | 7 |
| 1 | La sûreté en exploitation | 17 |
| 2 | La complexification : un risque pour la sûreté | 23 |
| 3 | La sécurité et la radioprotection | 31 |
| 4 | Le rôle déterminant du manageur de proximité | 37 |
| 5 | Le combustible et la réactivité : le cœur de la sûreté | 43 |
| 6 | La maîtrise du risque d'agressions naturelles : poursuivre l'effort | 49 |
| 7 | L' organisation de crise : une décennie d'améliorations | 55 |
| 8 | Préparer l'avenir par la recherche et l'innovation | 61 |
| 9 | Le rapport de l'Inspection générale de Framatome | 67 |
| | Annexes | 73 |

*CNPE de Chooz*

# Mon regard

## LE NUCLÉAIRE MONDIAL

À la suite du rapport du GIEC[1] de 2018, de plus en plus d'institutions et d'interventions - notamment dans l'Union européenne - soulignent la forte plus-value du nucléaire dans la lutte contre le réchauffement climatique.

Le dynamisme des Russes et des Chinois marque l'industrie nucléaire. Le tiers des réacteurs[2] en construction dans le monde est de technologie russe et le parc chinois, avec 47 réacteurs en service, a plus que doublé de 2014 à 2019 et plusieurs dizaines de réacteurs sont en construction ou en projet. Je note aussi la mise en service d'un SMR[3] sur barge en Sibérie.

Aux États-Unis, la situation est plus contrastée :
- le parc nucléaire américain n'a jamais autant produit d'électricité qu'en 2018,
- deux réacteurs ont été arrêtés en 2019 du fait de la concurrence des gaz de schiste et deux autres ont obtenu une prolongation de leur licence d'exploitation jusqu'à 80 ans,
- l'effervescence concernant des projets de réacteurs nucléaires innovants reste marquante.

En France, la loi Énergie climat, promulguée en novembre 2019, fixe à 2035 l'objectif de 50 % de nucléaire dans la production électrique. Le projet de « stratégie française pour l'énergie et le climat» (également appelée Programmation pluriannuelle de l'énergie), diffusé en janvier 2019, n'est pas encore définitif. J'en retiens :
- l'arrêt de 14 réacteurs nucléaires, à cinquante ans d'exploitation pour la plupart,
- la réalisation d'ici à la mi-2021 d'un programme de travail pour éventuellement lancer la construction de nouveaux réacteurs,
- la réalisation d'un avant-projet de SMR,
- l'engagement d'un programme de recherche et développement consacré au multirecyclage du combustible (cf. chapitre 5).

Je rapproche ce dernier point du communiqué du CEA d'août 2019, selon lequel « *la perspective d'un développement industriel des réacteurs de 4e génération n'est en effet plus envisagée avant la 2nde moitié de ce siècle* ». Cela signifie concrètement l'arrêt du projet de réacteur à neutrons rapides Astrid, filière dans laquelle la France détient une réelle compétence.

Pour répondre à la stratégie française pour l'énergie et le climat, la filière nucléaire s'est engagée sur 5 axes structurants et je retiens l'effort marqué sur les compétences, gage de qualité et de sûreté.

En septembre 2019, le CEA, TechnicAtome, Naval Group et EDF ont présenté leur projet de SMR. Baptisé Nuward, ce réacteur modulaire à eau pressurisée de 180 MWe, intégrera plusieurs innovations majeures (cf. chapitre 8).

Au Royaume-Uni, Toshiba a abandonné son projet de construction de nouveau réacteur à Wylfa et l'évaluation par l'autorité de sûreté de la conception du réacteur Hualong, porté par CGN *(China General Nuclear Power Corporation)*, progresse. EDF, partenaire de CGN dans ce projet, devra apprécier si le Hualong répond à ses pratiques et à ses standards de sûreté.

## LE GROUPE EDF

L'importante réorganisation envisagée suscite beaucoup d'appréhension dans l'entreprise. Elle est liée à une évolution de la régulation de la vente d'électricité. Pour la sûreté, il me paraît essentiel que l'organisation, quelle qu'elle soit, préserve la cohérence et les synergies entre les activités nucléaires : les parcs nucléaires français et britannique, les ingénieries, la R&D, etc.

Pour améliorer sa capacité industrielle, EDF a présenté en décembre 2019 son plan « excell ». Déployé à partir de 2020, il « vise à permettre à la filière nucléaire française d'atteindre le plus haut niveau de rigueur, de qualité et d'excellence ». Il répond aux difficultés décrites dans le rapport de J-M Folz et bénéficiera aux projets du nouveau nucléaire et du parc en exploitation.

1 *Groupe intergouvernemental d'experts sur l'évolution du climat.*
2 *Fin 2018, sur les 45 réacteurs en construction, 15 étaient de technologie russe.*
3 *Small Modular Reactor, petit réacteur modulaire de puissance comprise entre 10 et 300 MWe.*

J'en retiens les efforts destinés à améliorer la qualité, et donc la sûreté, notamment en renforçant :

- la relation client-fournisseur,
- la qualification des procédés de fabrication les plus sensibles,
- les compétences, comme par exemple en matière de soudage,
- le pilotage des grands projets nucléaires.

## LE PARC FRANÇAIS

L'année 2019 a vu le début des quatrièmes visites décennales (VD4) des réacteurs de 900 MWe, à Tricastin. La charge de travail induite est considérable : environ deux fois supérieure à celle des VD3. Une anticipation sans précédent, des travaux réalisés « tranche en marche » et un appui renforcé de l'ingénierie ont permis de venir à bout de la première de ces VD4. Je crains que cela ne soit plus difficile pour les suivantes, en raison de la concomitance des arrêts et des spécificités des sites.

Les modifications matérielles réalisées lors de ces VD4 apportent beaucoup à la sûreté, notamment celles qui portent sur la résistance aux agressions (cf. chapitre 6). Je relève toutefois des risques relatifs à la complexification des installations (cf. chapitre 2) et à leur appropriation par le personnel.

Lors du séisme du 11 novembre 2019, les CNPE de la vallée du Rhône se sont bien comportés. Conformément à ses règles internes, EDF a arrêté les réacteurs de Cruas, situés à une dizaine de kilomètres de l'épicentre, pour effectuer des vérifications sous le contrôle de l'autorité de sûreté. Ces dernières n'ont pas révélé d'effet de ce séisme sur l'installation. Cela confirme la pertinence des marges prises dans le dimensionnement des réacteurs.

*Opérateur machine, CNPE de Paluel*

Le niveau de ce séisme est comparable à celui du séisme maximum historiquement vraisemblable (SMHV). Sa caractérisation est en cours afin de vérifier les hypothèses sismologiques ayant conduit au référentiel de sûreté en vigueur.

### Séisme et conception des installations nucléaires

Deux unités sont utilisées pour mesurer un séisme : l'intensité évalue les dommages occasionnés à la surface (échelle allant de 1 à 12), la magnitude évalue l'énergie libérée à la source (échelle logarithmique). Celle-ci s'exprime selon différentes échelles : la magnitude locale plus connue (échelle de Richter), la magnitude de moment, employée par les scientifiques et représentative de l'énergie émise au foyer du séisme, enfin la magnitude des ondes de surface, utilisée dans la démarche de dimensionnement des installations nucléaires.

L'aléa sismique pris en compte s'appuie sur une approche déterministe cadrée par l'autorité de sûreté (Règle fondamentale de sûreté, RFS 2001-01). On identifie dans la région de chaque site les zones sismiques homogènes et les failles. On détermine ensuite les séismes historiques de plus fortes intensités et, après les avoir déplacés dans leur zone sismique au plus près du site, on en déduit le SMHV (séisme maximum historiquement vraisemblable). Puis on majore la magnitude du SMHV de 0,5 pour obtenir le SMS (séisme majoré de sécurité). On en déduit les valeurs d'accélération à retenir pour la conception de l'installation. Les SMS sont réévalués à chaque réexamen décennal de sûreté.

Le SMHV réévalué (lors de la VD3) pour Cruas et Tricastin a été déterminé à partir du séisme historique de 1873 avec une magnitude de surface de 4,7 et une profondeur de 4 km. Cela a conduit à retenir un SMS de magnitude de surface 5,2 et des accélérations de 0,26 g pour Cruas et de 0,285 g pour Tricastin.

Lors du séisme du 11 novembre 2019, la magnitude locale a été évaluée entre 5,1 et 5,4, correspondant à une magnitude de moment de 4,8 à 4,9 et à une magnitude de surface d'environ 4,5. L'accélération maximale mesurée à Cruas (à une dizaine de kilomètres de l'épicentre) a été de 0,045 g et à Tricastin (25 km de l'épicentre) de moins de 0,01 g.

| | Magnitude de surface | Profondeur et distance épicentrale | Accélération (site de Cruas) |
|---|---|---|---|
| SMHV | 4,7 | P = 4 km<br>D = 0 km | 0,18 g |
| SMS | 5,2 | P = 4 km<br>D = 0 km | 0,26 g |
| Séisme du 11 novembre 2019 | 4,5 | 1 km < P < 5 km<br>10 km < D < 15 km | 0,045 g |

## LA DÉCONSTRUCTION : UNE FILIÈRE INDUSTRIELLE ÉMERGENTE

EDF a déposé en septembre 2019 la demande de mise à l'arrêt définitif de Fessenheim en 2020. En dépit de ce contexte, le personnel a eu à cœur d'exploiter les installations de manière très satisfaisante. Son devenir fait l'objet d'une forte attention de la part du Groupe. Sur un plan technique, je note les efforts pour préparer la mise à l'arrêt et réaliser le démantèlement rapidement et en toute sécurité.

Les chantiers de déconstruction avancent avec par exemple le découpage de la cuve de Chooz A, qui préfigure le démantèlement complet d'un réacteur à eau pressurisée (REP), et l'ouverture de la cuve du réacteur à neutrons rapides (RNR) de Creys-Malville.

Pour les réacteurs UNGG[4], la construction d'un démonstrateur, en vue de mettre au point le découpage du graphite avant généralisation du procédé, me paraît une bonne approche. Il me semble nécessaire d'approfondir les études du risque d'incendie lors de cette phase délicate. D'ici là, il est opportun de veiller à l'entretien des structures vieillissantes des caissons de ces réacteurs.

## LES FABRICATIONS : UNE SURVEILLANCE À RENFORCER

Framatome a identifié un écart portant sur le non-respect des plages de température lors du traitement thermique de détensionnement de soudures de certains composants, principalement des générateurs de vapeur de plusieurs réacteurs (cf. chapitre 9). Je constate la bonne gestion de ce problème par Framatome et EDF, qui ont justifié rapidement l'aptitude au service de ces composants et mené des échanges constructifs avec l'autorité de sûreté. Un plan d'actions de justifications complémentaires et de contrôles est déployé. Cet événement a été examiné en Conseil de sûreté nucléaire du Groupe.

La surveillance des fabrications voit grandir son importance en raison de problèmes de qualité et de suspicions de pratiques non-conformes (cf. mon rapport 2017) instruites ces dernières années.

La direction industrielle de la DIPNN[5] renforce son dispositif d'analyses de risque, de qualification des procédés industriels, d'inspections inopinées, de mesures contradictoires, d'essais en laboratoires, d'évaluation des schémas industriels notamment la chaîne de sous-traitance, etc.

## ENTRETENIR LA MOTIVATION

Les divisions nucléaires ont réussi le renouvellement de génération. Je rencontre de nombreux jeunes gens de qualité, motivés, à l'expérience croissante. Leurs manageurs de proximité y contribuent fortement (cf. chapitre 4). Cela est de bon augure pour réussir les challenges des prochaines années dans les parcs et le nouveau nucléaire. L'effort de formation et de professionnalisation doit être poursuivi car nombre de compétences sont longues à acquérir. Gérer de façon dynamique ces nouveaux arrivants et leur donner des perspectives est nécessaire pour entretenir leur motivation.

Je note un léger accroissement du nombre de démissions et quelques difficultés de recrutement. Ce signal faible peut dénoter un manque d'attractivité et une baisse de l'image du nucléaire ou du Groupe. Le personnel me fait souvent part de son regret de ne pas entendre de communication plus positive en faveur du nucléaire.

*Chimiste, CNPE de Flamanville 3*

## LE PARC BRITANNIQUE

Hunterston B R3 est resté à l'arrêt toute l'année en raison de fissurations du graphite. Ces fissurations, attendues, se sont accélérées à un rythme plus important que prévu et l'autorité de sûreté britannique (ONR) attend des compléments d'analyse pour autoriser le redémarrage. Hunterston B R4 a fonctionné pendant une période limitée en 2019 avant d'être arrêté en décembre selon le calendrier convenu avec l'ONR. L'état du graphite, qui sert de modérateur dans les réacteurs AGR, conditionnera probablement leur durée de vie (cf. mon rapport 2018).

Les deux réacteurs d'un autre site AGR sont à l'arrêt depuis l'automne 2018 en raison de corrosion et de fissures dans plusieurs systèmes,

[4] *Uranium naturel graphite gaz.*
[5] *Direction de l'ingénierie et des projets du nouveau nucléaire.*

dont les circuits de refroidissement de sûreté. Résoudre ces problèmes a nécessité d'engager d'importants travaux. Surtout, la détection tardive de cette situation révèle des faiblesses de la culture de sûreté, qui fait l'objet d'un plan de renforcement (cf. chapitre 2). Cet événement a été examiné en Conseil de sûreté nucléaire du Groupe.

Les difficultés rencontrées sur les réacteurs AGR imposent de réfléchir aux investissements à réaliser en tenant compte de leur échéance d'exploitation.

### Le graphite des AGR

Dans les réacteurs AGR, la modération (ralentissement des neutrons) est obtenue en utilisant du graphite et non de l'eau comme dans les réacteurs à eau pressurisée. Sous l'effet des neutrons et de l'oxydation, ce graphite, non remplaçable, s'allège et se fissure progressivement. Cela peut notamment conduire, en cas de séisme, au blocage des barres de contrôle assurant l'arrêt automatique du réacteur.
Le phénomène est connu et une surveillance régulière de ce graphite est en place depuis de nombreuses années. Il est resté limité et conforme aux prévisions jusqu'au printemps 2018, quand les contrôles ont révélé une accélération inattendue. En l'état, les fissures existantes ne font pas courir de risques mais le réacteur a été maintenu à l'arrêt, le temps de comprendre cette accélération.
En parallèle, un plan d'actions est en cours : augmentation des inspections de tous les AGR, expérimentations pour mieux comprendre les mécanismes de fissuration des briques de graphite, essais et modélisations sismiques, modification des absorbants de contrôle.

## LES EPR

En Chine, les deux réacteurs de Taishan fonctionnent de manière satisfaisante. J'apprécie l'important travail de mise au point réalisé par TNPJVC[6] pour retirer le retour d'expérience du démarrage du réacteur n°1 et en faire bénéficier le réacteur n°2.

L'expérience acquise par Taishan est considérable. Des éléments de retour d'expérience (REX), surtout de la construction et des montages électromécaniques, ont été intégrés au projet Hinkley Point C (HPC). Les équipes de la direction technique de la DIPNN et de Framatome ont participé aux essais physiques de démarrage des EPR de Taishan. Ils les ont analysés pour en retirer les enseignements pour Flamanville 3 et HPC. Il conviendra que Flamanville 3 et HPC reçoivent et exploitent l'ensemble du REX de démarrage de Taishan.

En France, à Flamanville 3, je note des progrès significatifs de l'état des installations et le bon avancement des essais à chaud. La reprise des soudures de traversée d'enceinte du circuit secondaire principal, délicate et exigeante, a conduit à décaler de trois ans environ la date de chargement du combustible. Ce report doit être l'occasion de traiter exhaustivement les écarts de qualité de conception et de réalisation subsistants : facteurs d'usage, connectique, couples de serrage, hydrogénation, etc.

Au Royaume-Uni, je retire de ma visite du chantier de HPC une très bonne impression. Les principaux jalons ont été tenus avec, en juin 2019, le coulage du radier du premier réacteur. Je note le dynamisme du pilotage du projet mais l'organisation et les interfaces restent complexes.

Je suis surpris de l'ampleur des difficultés rencontrées par l'ingénierie de l'îlot nucléaire pour produire les plans d'exécution du génie civil, en qualité et selon le planning du chantier. Les fabrications, les montages électromécaniques et la surveillance associée sont les prochains défis. Le projet va adapter son organisation au début de 2020.

### Le circuit secondaire principal de Flamanville 3

Deux types d'anomalies ont été identifiés.
Il est d'abord apparu que les spécifications relatives à l'exclusion de rupture de ces tuyauteries n'avaient pas été respectées. L'exclusion de rupture signifie que la défaillance soudaine et brutale d'une tuyauterie est jugée suffisamment improbable pour ne pas en examiner toutes les conséquences dans les études d'accident. Elle suppose donc de plus fortes exigences de fabrication et de qualité.
De plus, EDF a mis en évidence, sur environ 30 % des soudures, des défauts non-détectés, ni par les contrôles du fabricant, ni par la surveillance EDF de premier niveau.
EDF a proposé un programme de caractérisation et de réparation. L'ASN a notamment demandé de refaire les huit soudures dans les traversées de l'enceinte de confinement. EDF a opté, en octobre 2019, pour une solution avec des robots télé-opérés, qui reste à qualifier. Une méthode s'appuyant sur l'extraction des tronçons concernés est conservée en solution de repli.

Sur le dossier d'options de sûreté du projet EPR 2, l'ASN a émis un avis globalement positif. À mon avis, les méthodes employées par ce projet, notamment l'ingénierie système, représentent un net progrès.

[6] *Joint-venture CGN-EDF.*

Je note une meilleure implication de l'exploitant, qu'il est essentiel de renforcer. En effet, à ce stade de conception, il doit encore travailler à l'exploitabilité du réacteur : facilité de maintenance, manœuvrabilité (en rapport avec la croissance des énergies intermittentes), autonomie en cas de perte de systèmes supports dont la ventilation.

## LES PRINCIPAUX RÉSULTATS 2019

### EN FRANCE, DES RÉSULTATS EN RETRAIT

Sans être inquiétants, les indicateurs de sûreté 2019 se dégradent par rapport à 2018 avec notamment trois ESS de niveau 2. Plusieurs sites font l'objet d'un plan de rigueur destiné à améliorer les résultats de sûreté.

Point significatif, les non-respects de spécifications techniques d'exploitation augmentent pour la seconde année consécutive. Un effort, notamment de formation, est indispensable. Les écarts de lignage sont à la hausse.

Les durées d'arrêts de réacteur pour maintenance restent aussi une difficulté, qui témoigne d'une insuffisante maîtrise industrielle : préparation, planification pluriannuelle, compétences, etc.

Parmi les progrès, je relève la baisse du nombre de non-qualités, d'exploitation comme de maintenance : le plan d'actions engagé fin 2017 est à poursuivre et à compléter (cf. chapitres 1 et 2).

Je déplore le décès survenu lors d'une manutention de charge. Avec un LTIR[7] de 2,4 à la DPN, les indicateurs de sécurité se dégradent. Les résultats de radioprotection se maintiennent. Je note néanmoins plusieurs signaux faibles dans le respect des zones rouges, ainsi que l'augmentation du nombre de contaminations internes. Je renouvelle mon alerte de 2018 sur les tirs radiographiques (cf. chapitre 3).

### AU ROYAUME-UNI, DE LÉGERS PROGRÈS EN SÛRETÉ

En 2019, les résultats de sûreté se sont légèrement améliorés. Tout en restant important, le nombre d'arrêts manuels et automatiques de réacteurs a diminué. Les points de préoccupation me paraissent être les écarts de lignage et la persistance de trop nombreuses demandes de travaux non soldées (*backlog*).

La situation de la sécurité au travail reste bonne : LTIR de 0,3. Je note en particulier les remarquables résultats du chantier de HPC.

Les résultats de radioprotection sont excellents.

## LE CONTRÔLE INDÉPENDANT

Les filières indépendantes de sûreté des deux parcs nucléaires demeurent professionnelles et écoutées.

Chez EDF Energy *Nuclear Generation*, je constate néanmoins une fragilité des ressources de *l'Independent Nuclear Assurance* (INA). En France, l'Inspection nucléaire de la DPN est solide et bien pilotée. Son périmètre d'audit a augmenté, couvrant désormais la protection des sites, la DIPDE et certaines activités des ingénieries hors DPNT qui travaillent pour le parc.

Les réflexions pour renforcer le rôle et la visibilité de la filière de contrôle indépendant de l'ingénierie du nouveau nucléaire (DIPNN) me paraissent prometteuses dans leurs principes. La DIPNN peut s'appuyer sur des analyses de qualité réalisées par le DFISQ[8]. Quant à la DACI[9], organe de contrôle interne d'Edvance (filiale d'ingénierie de l'îlot nucléaire d'EDF et de Framatome), elle monte en puissance de manière pragmatique. Toutefois, le contrôle externe d'Edvance par EDF demeure nécessaire et reste un point d'attention.

La réglementation de l'approbation préalable des modifications (matériels, documents et procédures) par l'ASN a évolué le 1er juillet 2019 avec plus de délégations données à l'exploitant. Grâce à une solide préparation, les premiers dossiers ont été traités sans difficulté majeure. Toutefois, le nombre de dossiers relevant d'une autorisation interne n'a pas encore atteint son régime de croisière.

*Relevé de paramètres, centrale de Hartlepool*

7 *Lost time injury rate.*
8 *Département filière indépendante de sûreté et de qualité (DIPNN).*
9 *Direction autorité de contrôle indépendant.*

Comme chaque année, je me suis assuré des compétences et de l'indépendance de l'Organe d'inspection de l'utilisateur (OIU[10]). Avec la fin des fabrications et montages de Flamanville 3, l'OIU voit sa charge et son périmètre évoluer vers le soutien au parc et au projet HPC.

Concernant Framatome, depuis mon rapport 2018, je note l'émergence d'une filière indépendante à la DTI (direction technique et de l'ingénierie) de cette filiale du Groupe. Elle repose sur de bons principes qu'il reste maintenant à mettre en œuvre. Quant à l'Inspection générale, avec des moyens renforcés, elle pourra développer son appréciation générale de la sûreté sur l'ensemble du périmètre de Framatome.

## LES RELATIONS AVEC LES AUTORITÉS DE SÛRETÉ

Les relations d'un exploitant nucléaire avec les autorités de sûreté sont essentielles. Des deux côtés de la Manche, ces relations sont régulières et riches.

### AU ROYAUME-UNI

Les relations entre EDF Energy et l'autorité de sûreté (ONR), historiquement bonnes, restent marquées par une estime et une compréhension mutuelles.

Toutefois, les difficultés rencontrées par le parc nucléaire - fissurations du graphite où l'exploitant a peut-être fait preuve d'un excès d'optimisme et problèmes rencontrés dans un site (corrosion et culture de sûreté) - semblent avoir émoussé cette confiance. Un effort est donc à fournir.

À l'inverse, les relations, autrefois délicates, entre le projet HPC et l'ONR ont été refondées et la confiance semble revenue.

### EN FRANCE

Je note cette année encore un dialogue nourri entre les CNPE et les directions régionales de l'ASN.

À l'échelon central, la confiance me paraît renaître, en particulier dans les relations de haut niveau. Cette amélioration se manifeste notamment dans une gestion des événements, le plus souvent pragmatique et appropriée. Il est encore possible de progresser, grâce aux échanges techniques le plus en amont possible.

Si les relations s'améliorent, je souhaite néanmoins attirer l'attention sur la difficulté majeure qu'éprouve l'exploitant à objectiver, à exprimer et à faire prendre en compte les réalités industrielles et humaines.

*CNPE de Civaux*

[10] *Rattaché à la direction industrielle de la DIPNN, il évalue la conformité de certains équipements sous pression.*

## LES POINTS D'ATTENTION

La complexification est, à mon sens, l'un des principaux risques pour la sûreté des installations nucléaires. Partant d'une croyance selon laquelle on pourrait prévenir toute erreur humaine et tout aléa en formalisant de manière exhaustive et écrite tout ce qui concourt à la sûreté, on a laissé se développer une inflation prescriptive. Et cela est amplifié par un environnement médiatique hostile et par la judiciarisation de la société. Prescripteurs et concepteurs cèdent trop souvent à la facilité en accumulant les dispositions, sans prendre en compte la capacité des acteurs à les mettre en œuvre et sans porter une attention suffisante aux facteurs socio-organisationnels et humains.

### DANS UN CONTEXTE DE COMPLEXIFICATION PRESCRIPTIVE…

Alors que les aléas inévitables sont gérés de manière équilibrée par EDF et l'ASN, je juge inquiétante à long terme la complexification induite par la profusion de textes et d'exigences insuffisamment hiérarchisées. Cela conduira, si l'on n'y prend garde, à une situation où les exploitants n'arriveront plus à s'approprier l'ensemble des exigences ni à concilier toutes les contraintes.

Par exemple, la complexification induite par l'arrêté Équipements sous pression nucléaires (ESPN) n'a été surmontée qu'au prix d'efforts très importants de part et d'autre, efforts difficiles à renouveler. Plus grave, la plupart des intervenants en appliquent certaines dispositions sans en comprendre toujours le lien avec la sûreté et la sécurité au travail : seule une poignée de gens chez EDF et les prestataires disposent d'une complète maîtrise de cet arrêté.

J'éprouve aussi beaucoup d'appréhension face à la complexité engendrée par la déclinaison de l'arrêté Installations nucléaires de base (INB). Elle conduit les sites à devoir gérer plusieurs dizaines de milliers « *d'équipements et activités intéressant la protection des intérêts* », chacun assorti de plusieurs « *exigences définies* ». Cette profusion paraît difficilement compatible avec la compréhension du sens, des enjeux de sûreté et des priorités.

Autre exemple, les évolutions envisagées des règles d'exploitation vont contraindre les sites à consacrer toujours plus de ressources à jongler avec des règles de plus en plus complexes (Classification des indisponibilités de matériels et règles de cumuls associés). Éviter un cumul d'indisponibilités proscrit risque aussi de conduire à différer de la maintenance préventive ou la résolution du *backlog.*

Dans le domaine matériel, ajouter des systèmes et des fonctionnalités, y compris utiles à la sûreté, complexifie l'exploitation. Un équilibre est donc à trouver dans les réacteurs existants, car la surenchère technique est contreproductive pour la sûreté. De plus, le cadencement des modifications doit tenir compte du délai d'appropriation par les exploitants.

J'appelle donc à une pause (cf. chapitre 2) - hors sujets majeurs et urgents bien sûr - qui permettrait à l'exploitant de s'approprier les nouveautés matérielles ou prescriptives, et à l'autorité de sûreté et son appui technique de faire le tri entre l'important et le reste. Ces questions mériteraient à mes yeux un travail à haut niveau entre l'ASN, l'IRSN et EDF.

### … PENSER SIMPLE, HIÉRARCHISER…

L'inflation réglementaire ne doit pas servir d'alibi et occulter le fait que la complexification est largement endogène. Elle porte sur plusieurs aspects :

- les organisations, dont les processus trop lourds et les modes de prise de décisions peu clairs diluent les responsabilités et coûtent beaucoup d'efforts,
- les prescriptions, trop nombreuses et de formulation trop longue,
- les installations, qui deviennent trop complexes.

Il me paraît essentiel de casser cette surenchère qui pourrait conduire à des problèmes de sûreté, et qui nuit déjà à la simple efficacité. J'ai conscience qu'inverser une telle tendance n'est pas facile et je renouvelle donc mes recommandations :

- dans toute action ne pas perdre de vue la finalité, ne pas laisser l'outil prendre le pas sur l'objectif,
- ne pas rechercher des optimisations locales mais inscrire l'action de chacun dans un ensemble plus vaste,
- rapprocher les prescripteurs et les concepteurs du terrain, ils doivent se mettre à la place du destinataire final et s'interroger sur le réalisme de ce qu'ils mettent en avant,
- concevoir des installations plus simples à réaliser, à utiliser et à maintenir,
- limiter le nombre de priorités et travailler à nombre contraint (toute nouvelle exigence doit s'accompagner de la suppression d'au moins une autre).

Il s'agit donc avant tout d'un changement d'état d'esprit : il faut penser simple, hiérarchiser et savoir renoncer ou différer.

### … ET RÉAFFIRMER LA RESPONSABILITÉ PREMIÈRE DE L'EXPLOITANT

Lors de mes visites, j'observe que la conception et l'exploitation des réacteurs sont de plus en plus perçues comme une somme de règles à respecter et de processus documentaires à gérer. Je constate ainsi trop souvent, en exploitation comme dans l'ingénierie, une propension à traiter les sujets techniques et la sûreté principalement *via* le prisme des questions posées par

l'autorité de sûreté et des autorisations à obtenir. Le lien avec la machine, et la perception du risque s'estompent.

Il me semble notamment que l'empilement de prescriptions et de processus a un impact négatif sur la culture de sûreté. Cela éloigne l'exploitant de son installation. Il a tendance à s'en remettre aux questions, interrogations et approbations de l'ASN, au lieu d'anticiper et d'apprécier les sujets avec son propre jugement. Confronté au respect de règles trop nombreuses, à la raison d'être parfois mal comprise, il peut perdre l'attitude de questionnement dès lors que la conformité réglementaire est assurée.

Il est indispensable que l'exploitant conserve sa responsabilité première vis-à-vis de la sûreté. J'appelle les responsables d'EDF à :
- stabiliser les référentiels en lien avec l'ASN,
- se concentrer sur la machine et ceux qui l'exploitent,
- travailler les compétences techniques,
- redynamiser la perception des risques (par exemple via l'accidentologie),
- entretenir la capacité de questionnement, notamment de la part du management et des filières indépendantes de sûreté.

### LES AGR : INVESTIR SELON DES DATES DE FERMETURE ULTIMES

Au Royaume-Uni, à mesure qu'on se rapproche de la fin de vie des réacteurs AGR, la prolongation de leur durée d'exploitation se fait de façon incrémentale, en raison de problèmes techniques (graphite) et de l'absence de retour d'expérience sur la filière. Cela pourrait se traduire par des investissements établis essentiellement sur le court terme. Cette façon de faire n'est plus adaptée car les prolongations éventuellement possibles risquent de ne pas avoir été anticipées et préparées. Cela pourrait conduire à :
- arrêter prématurément un réacteur ayant encore du potentiel mais nécessitant des travaux lourds qui n'auraient pas été engagés à temps,
- et surtout, additionner les prolongations incrémentales, de durée totale significative, sans avoir fait au préalable les investissements nécessaires, ce qui ne serait pas acceptable pour la sûreté.

Il faudrait fixer pour chaque réacteur une date ultime, éventuellement optimiste mais qui ne sera pas dépassée quoi qu'il advienne, et programmer les investissements en fonction de cette échéance. Bien entendu, un arrêt avant cette date ultime serait possible.

### ADAPTER L'INGÉNIERIE À UNE FORTE CHARGE DE TRAVAIL

Le groupe EDF dispose d'importantes capacités d'ingénierie. Lors de mes visites, je rencontre des gens motivés, conscients des enjeux auxquels ils contribuent. Je constate des évolutions positives dans les méthodes, ingénierie système par exemple, et le positionnement en appui de l'exploitant.

Je constate que le Groupe éprouve des difficultés à répondre aux nombreuses demandes, en qualité et dans les délais.

D'abord, les capacités d'ingénierie nucléaire d'EDF SA sont réparties entre de multiples entités de la DIPNN, de la DPNT et d'autres (EDF Hydro, R&D d'EDF). Ces unités s'appuient sur d'autres ingénieries, Framatome ou des bureaux d'études, dont elles surveillent les prestations. Cette organisation est le fruit de l'histoire et des adaptations successives. En assurer la cohérence et en piloter les interfaces nécessitent beaucoup d'énergie (cf. chapitres 2 et 6).

Ensuite, la charge de travail est très importante et les contraintes et exigences, réglementaires et internes, augmentent. Les 4es visites décennales (VD4), avec les réexamens de sûreté et le volume de modifications correspondant, exigent bien plus d'études que les VD précédentes y compris après la fin de la période dite d'instruction. Même si, à long terme, la charge liée aux études de modifications pourrait diminuer après la fin des VD4, il me semble, qu'au moins pour le parc et la déconstruction, la charge actuelle est durable. Pour le nouveau nucléaire, Edvance tourne à pleine charge : EPR au Royaume-Uni, fin des études de Flamanville 3, EPR 2. S'y ajouteront le SMR et d'éventuels projets à l'exportation.

Enfin, dans l'ingénierie, les temps de professionnalisation sont importants, qu'il s'agisse de technique ou de pilotage de projets.

La très importante charge actuelle conduit à recourir fortement à la sous-traitance, ce qui n'est pas sans risque, en termes de maîtrise du rôle d'architecte-ensemblier et de capacité à surveiller.

Il me semble nécessaire de faire aboutir les réflexions sur :
- la simplification des organisations,
- la nature et le volume du faire/faire-faire pour s'adapter aux variations de charge,
- les ressources d'ingénierie nécessaires, en qualité et en quantité.

## À PROPOS DES FOH

### Le point de vue d'André Claude Lacoste, président de l'ICSI et de la FONCSI[11]

La performance et la sécurité des systèmes de production reposent toujours *in fine* sur l'activité des femmes et des hommes qui les conçoivent, les construisent, les exploitent, les maintiennent.

Une approche en termes de facteurs organisationnels et humains (FOH) consiste à s'interroger sur ce qui facilite, ou met en difficulté, l'exercice d'une activité humaine efficiente et sûre. Historiquement, l'étude des facteurs humains a d'abord porté sur les propriétés de l'être humain – qui peuvent être prises en compte mais ne peuvent pas être modifiées. Pendant la Seconde Guerre mondiale, une série d'accidents d'avions militaires a ainsi pu être expliquée par l'ambiguïté des affichages dans le cockpit, incompatible avec le fonctionnement du cerveau des pilotes.

Plutôt que de mettre l'accent sur le « comportement » des agents (qui n'est que la partie observable de l'activité), on s'intéresse aujourd'hui à quatre familles de déterminants de cette activité :

- l'individu, ses caractéristiques physiques ou psychologiques, mais surtout son expérience et sa formation,
- la situation de travail (notamment la conception des moyens techniques et de l'environnement),
- les collectifs de travail auxquels appartiennent les personnes concernées,
- les pratiques de management.

La plupart des analyses d'accident mettent en évidence qu'une ou plusieurs défaillances dans ces quatre domaines ont contribué de façon significative à l'événement. Par exemple, la conception de certaines situations comporte des « erreurs latentes » qui augmentent considérablement la probabilité qu'un opérateur se trompe. Ainsi, à Three Mile Island en 1979, l'indicateur de la vanne de décharge n'indiquait pas, comme le croyaient les opérateurs, sa fermeture, mais simplement que l'ordre de fermeture avait été donné. Or elle était restée bloquée ouverte.

Les pratiques managériales influent sur la contribution humaine à la sûreté. Ainsi un usage inconsidéré des sanctions tarit la remontée des informations alors qu'à l'inverse un mode de management fondé sur la capacité d'écoute et favorisant la conscience de la responsabilité individuelle et collective et l'attitude interrogative ouvre la voie à une culture de sûreté intégrée.

La prévention des accidents graves, mortels et technologiques majeurs suppose d'identifier, dès la conception et pendant toute la vie du système, comment ces différents aspects des FOH peuvent contribuer aux lignes de défense de prévention, de récupération et d'atténuation, ou au contraire les affaiblir.

Il est pour cela souhaitable que les fondamentaux d'une approche FOH soient largement partagés dans l'entreprise, à tous les niveaux, des manageurs et des détenteurs du leadership jusqu'aux opérateurs, et que des compétences spécialisées de haut niveau soient disponibles pour venir en soutien aux différents acteurs concernés.

Je suis convaincu que l'industrie nucléaire, qui a investi depuis longtemps dans le domaine des FOH, doit continuer à le faire pour valoriser comme il se doit la contribution de l'homme à la sûreté nucléaire.

[11] *Institut et Fondation pour une culture de sécurité industrielle.*

*Salle des machines, CNPE de Civaux*

**En France, si l'on observe des progrès en termes de qualité de maintenance et d'exploitation, les non-conformités aux spécifications techniques d'exploitation augmentent.**

**Au Royaume-Uni, certains indicateurs s'améliorent. Le volume de travaux en cours (*backlog*) demeure, trop important.**

**Dans les deux parcs, les prolongations d'arrêts de réacteurs pour maintenance, excessives, révèlent des difficultés industrielles.**

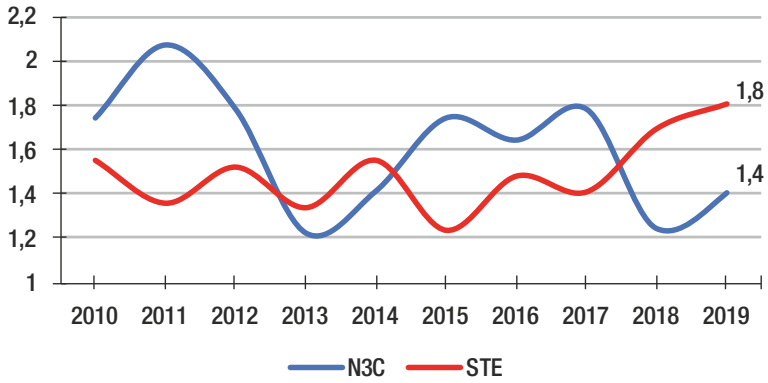
# La sûreté en exploitation 01

## EN FRANCE, DES RÉSULTATS EN RETRAIT

En 2019, trois événements significatifs pour la sûreté (ESS) ont été classés au niveau 2 : l'un est lié à une erreur de lignage, l'autre à des défauts de contacteurs électriques récemment installés et le troisième à la tenue au séisme d'auxiliaires de diesels.

Le nombre d'événements classés au niveau 1 (1,4 en moyenne par réacteur) augmente (1,3 en 2018 et 1,1 en 2017). Le nombre total d'ESS de niveaux 0 et 1, 12 par réacteur, continue de traduire un bon niveau de détection et de transparence.

Sauf en matière d'incendie, les indicateurs de sûreté sont en retrait, principalement les nombres de non-respects des spécifications techniques d'exploitation (NC STE) et d'écarts de lignage. La dégradation du nombre de NC STE se poursuit en 2019 : 1,8 par réacteur (1,7 en 2018, 1,4 en 2017). Les écarts de lignage repartent à la hausse (1,4 par réacteur) alors que 2018 avait vu un réel progrès (1,2 écart par réacteur pour 1,8 en 2017).



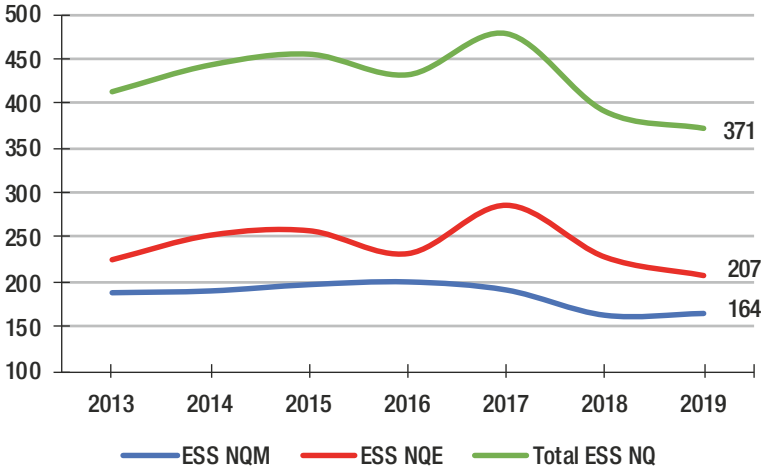

***Nombre de non-conformités aux STE et d'écarts de lignage (N3C)***

À l'approche de l'arrêt définitif du site de Fessenheim je salue les bons résultats du site. J'invite les équipes à poursuivre leurs activités avec rigueur et transparence jusqu'à la fin de l'exploitation et pendant la mise à l'arrêt et le démantèlement.

### DES MOTIFS DE SATISFACTION

Le nombre de départs de feu diminue encore. Le nombre d'événements marquants et majeurs est de 4 en 2019 (5 en 2018, 9 en 2017). C'est un risque auquel je porte une attention toute particulière.

L'important plan d'actions de maîtrise de la qualité de maintenance et d'exploitation (MQME), engagé fin 2017, continue à porter des fruits. Avec 371 non-qualités de maintenance ou d'exploitation, les résultats de l'année 2019 sont en ligne avec ceux de 2018 (390).




***Nombre d'ESS liés à des non-qualités maintenance et exploitation***

La disponibilité des systèmes de sauvegarde reste très bonne. En 2019, les taux d'indisponibilité sont de : 0,06 % pour les RIS (injection d'eau de secours), 0,01 % pour les ASG (alimentation de secours des générateurs de vapeur) et 0,02 % pour les diesels de secours.

### DES POINTS DE VIGILANCE

Le nombre d'arrêts automatiques de réacteurs (AAR) augmente : 31 en 2019 pour 18 en 2018 qui représentait un record (22 en 2017, 28 en 2016, 38 en 2015). La dynamique du projet sécurisation des AAR s'émousse : il faut rester vigilant.

La dégradation du nombre de non-respects de spécifications techniques (NC STE) couvre de grandes disparités entre sites : il est donc possible d'atteindre de bien meilleures performances. Parmi les causes de NC STE, je note :

- parfois, une insuffisante connaissance et maîtrise des STE : un effort supplémentaire de formation et d'appropriation me semble indispensable,
- la dilution des activités à risque STE dans les autres activités faisant l'objet du plan MQME : les sites qui réussissent le mieux identifient spécifiquement les activités à risque NC STE,
- des non-qualités de maintenance entraînant une indisponibilité de matériels classés de sûreté qui n'est découverte que tardivement, lorsque ceux-ci sont requis par les STE. Un progrès dans ce domaine est indissociable d'un travail de fond sur la qualité de maintenance.

**Écart de lignage lors de la vidange du circuit primaire**

Le 8 octobre 2019, l'exploitant commence la vidange du circuit primaire d'un réacteur, étape préliminaire d'un arrêt pour rechargement et maintenance. Le circuit primaire est à la pression atmosphérique, la puissance résiduelle est évacuée par le circuit de refroidissement à l'arrêt (RRA) et l'exploitant doit ouvrir un évent au sommet du pressuriseur pour laisser entrer l'air et équilibrer la pression, au fur et à mesure de la baisse du niveau de l'eau.

Alors qu'il va ouvrir l'évent du pressuriseur, l'agent de terrain est distrait de ses opérations de lignage des circuits par quelqu'un qui lui demande une information. Il reprend son intervention, pensant avoir ouvert l'évent, ce qui n'est pas le cas.

Avec l'évent fermé, la vidange crée un vide au-dessus du niveau de l'eau, amenant le fluide primaire à ébullition et perturbant les mesures de niveau. Ce n'est qu'à la fin du transitoire que l'équipe de conduite se rend compte que le niveau d'eau calculé ne coïncide pas avec le niveau mesuré. Constatant alors que l'évent du pressuriseur est fermé, elle demande son ouverture.

Cette réouverture engendre d'importants mouvements d'eau entre le pressuriseur, les générateurs de vapeur et la cuve, et donc des variations de niveau. Un appoint d'eau est effectué afin de rétablir la situation ; il aurait dû l'être avant ouverture de l'évent.
Cet incident classé en niveau 2 n'a pas eu de conséquences sur la sûreté car le refroidissement du cœur a toujours été assuré. Un large retour d'expérience est à engager par les équipes de conduite pour améliorer leur compréhension des phénomènes physiques.

Le nombre d'écarts de lignage repart légèrement à la hausse. Continuer à déployer et appliquer complètement la règle de non-interruption des lignages est fondamental pour progresser et préserver en permanence les fonctions de sûreté, comme le rappelle l'événement de niveau 2 de 2019 (risque de perte du refroidissement du réacteur à l'arrêt). Je rappelle qu'une fois engagé dans un lignage, l'agent de terrain ne doit réaliser aucune autre tâche ni être distrait, par sa hiérarchie, ses collègues, ou toute autre personne.

Je note que les auxiliaires des diesels d'un site étaient affectés, en octobre 2019, d'une importante corrosion qui n'avait pas été vue et qui a été détectée par une inspection de l'ASN. Ceci n'est pas acceptable. J'apprécie que l'exploitant ait décidé d'arrêter le réacteur pour remettre en état les équipements. J'appelle à davantage de vigilance en matière de contrôle et de traitement de la corrosion, en particulier dans les sites de bord de mer.

*Opération de meulage, CNPE de Flamanville*

La prise en compte des recommandations de l'Inspection nucléaire de la DPN (49%) doit être améliorée.

Il en est de même des observations et recommandations de *WANO* : les plans d'actions doivent être renforcés, qu'il s'agisse des sites individuellement les plus concernés ou bien du parc, dans les domaines où les *AFI (areas for improvement)* mises en évidence par les revues de pairs se révèlent communes à tout ou partie du parc. Ainsi, le nombre de repeat *AFI* (observations formulées par deux revues de pairs successives) est trop élevé : 4 en moyenne. Les taux de prise en

compte des *AFI* (70% classées en A ou B lors de la revue de suivi) ainsi que des SOER[12] (79%) ne sont pas à l'objectif (90% et 85%).

Après quelques bonnes performances de plusieurs sites en début d'année, les prolongations d'arrêts de réacteurs pour maintenance sont reparties à la hausse, certains sites accusant de lourds retards.

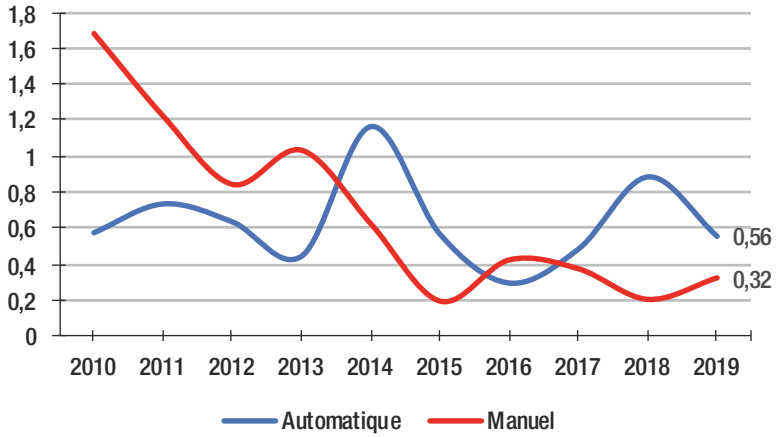
## AU ROYAUME-UNI : DES RÉSULTATS STABLES

Globalement, l'année 2019 a vu un léger progrès des indicateurs après la baisse de 2018. Le panorama reste néanmoins contrasté.

En 2019, aucun événement de niveau supérieur ou égal à 2 dans l'échelle INES n'a été déclaré. Le nombre d'événements de niveau 1 marque un plus bas historique : 0,27 par réacteur (0,53 en 2018).

Il faut noter que les autorités de sûreté britannique et française appliquent des critères de déclaration différents, aussi les nombres d'événements de niveau 1 ne doivent pas être comparés. Le nombre d'événements de niveau 0 (91) reste stable et dénote une bonne transparence.

En 2018, j'avais noté la baisse de performances, après une longue période de progrès continu. Certains indicateurs se sont améliorés en 2019 comme les arrêts automatiques ou manuels de réacteurs, mais les nombres de NC-STE et d'écarts de lignage restent similaires à l'an passé. Les efforts doivent redoubler en cette matière ou de nouvelles démarches doivent être engagées.




***EDF Energy nuclear nombre moyen, par réacteur, d'arrêts manuels et automatiques***

[12] *Significant Operating Experience Report.*

### DES MOTIFS DE SATISFACTION

En matière d'incendie, aucun événement majeur ou marquant n'a été rapporté en 2019 et le nombre d'événements mineurs (flammes détectées mais éteintes avec un seul extincteur) a encore diminué. En revanche, le nombre de feux latents (fumée sans flammes) a augmenté ; à 70 % ils sont d'origine électrique, par exemple des fusibles.

Avec 11 arrêts automatiques ou manuels (16 en 2018), 2019 marque un progrès par rapport à 2018 si on se réfère au nombre total d'heures de fonctionnement (0,88 arrêt pour 7 000 heures, 1,09 en 2018). L'effort dans ce domaine (*trip hardening programme*) doit donc être poursuivi. Il porte notamment sur les standards en salle de commande (PFI , fondamentaux de la conduite), la fiabilité des équipements et le partage d'expérience.

Ce point d'attention demeure dans la mesure où la cause la plus fréquente de ces arrêts réside dans un défaut de prise en compte des leçons d'événements passés similaires et dans des erreurs humaines.

Le nombre de NC STE est stable : 0,6 par réacteur pour chacune des 3 dernières années.

La disponibilité des systèmes de sauvegarde est globalement bonne et connaît un léger progrès comparé à 2018. Dans la flotte des réacteurs AGR, le taux d'indisponibilité des systèmes de refroidissement d'urgence était de 0,045 % (0,06 % en 2018), celle de l'alimentation de secours des générateurs de vapeur de 0,035 % (0,094 % en 2018) et celle des alimentations électriques de secours de 0,22 % comme en 2018. Le REP Sizewell B atteint un taux de disponibilité de 100 % pour la 12e année consécutive.

Les sources électriques auxiliaires, diesels ou turbines à gaz, méritent une attention particulière. Dans 2 des 3 sites disposant de turbines à gaz au lieu de diesels, la disponibilité des sources électriques de secours est significativement moins bonne que dans le reste de la flotte. Ces matériels anciens, sensibles et différents d'un site à l'autre sont d'une maintenance délicate qui demande des spécialistes de haut niveau, peu nombreux. Un exemple récent souligne le besoin d'une surveillance technique plus étroite, y compris dans l'usine où les principales opérations de maintenance sont réalisées.

Cette année encore, les indicateurs de prise en compte des recommandations des revues de pairs (83 %) et des SOER (92 %) de WANO sont excellents.

**Turbines à gaz**

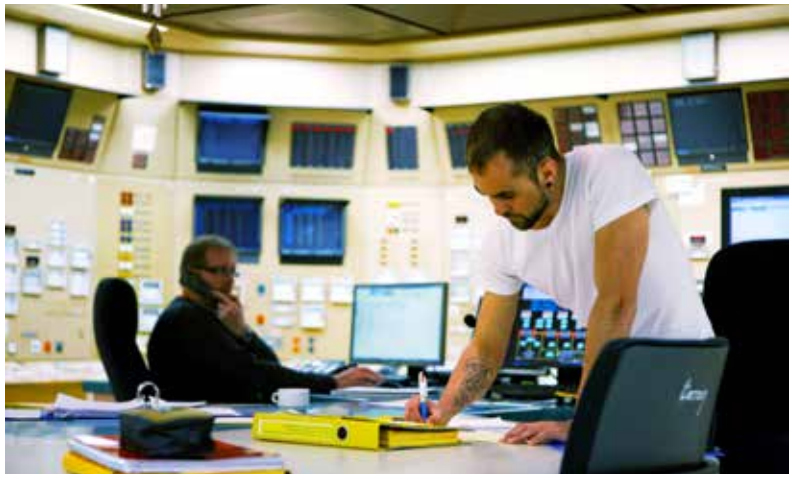
Dans certains sites AGR, des turbines à gaz (TAG) fournissent une alimentation électrique indépendante des fonctions de sûreté. Les TAG sont appelées en cas de perte du réseau électrique. Chacun de ces sites est équipé de 4 TAG de 17,5 MWe, dont une seule suffit à la sûreté des deux réacteurs.
Dans l'un des sites, pendant des essais périodiques, il a été détecté que les extrémités d'ailettes frottaient sur la partie fixe de la turbine. Les analyses ont montré des manquements dans l'installation initiale ou la maintenance des turbines. Les réparations ont immobilisé la TAG pendant environ 18 mois.

### DES POINTS DE VIGILANCE

Le nombre d'erreurs de lignage (1,67 par réacteur), similaire à celui de 2018, reste trop élevé.

Le volume de défauts à traiter (*backlog*[13]) est élevé et les interventions de maintenance préventive retardées (de plus de 50 % par rapport au délai prévu) poursuivent leur tendance à la hausse. Cela concerne tous les équipements, dont certains sont importants pour la sûreté.

La maîtrise des arrêts de tranche demeure une difficulté. Les changements imprévus des programmes de travaux peuvent affecter la sérénité du personnel et la qualité des activités. La durée moyenne de prolongation des arrêts de tranche est significativement plus élevée que les années précédentes.



*Opérateurs en salle de commande, CNPE de Flamanville*

## LES RISQUES INCENDIE ET ATEX : UNE DYNAMIQUE À CONSOLIDER

De manière générale, je constate une dynamique positive, montrant que la culture de la prévention contre l'incendie progresse.

En France et au Royaume-Uni, je note avec satisfaction :
- une diminution du nombre de départs de feu,
- une meilleure gestion des charges calorifiques,
- dans le parc britannique et certains sites français, une surveillance permanente des chantiers avec point chaud (meulage, soudage, etc.).

En juin 2018, la direction de la DPN avait décidé de tester des *buzzers* d'alerte sur les portes coupe-feu les plus importantes pour la sûreté en cas d'incendie (le buzzer sonne si la porte reste ouverte). J'ai vu des systèmes similaires fonctionner très correctement dans des centrales d'EDF Energy et à l'international. Je regrette le retard pris par cette expérimentation et j'incite la DPN à s'y investir davantage.

Le travail engagé en matière de risque ATEX (atmosphère explosive) est à poursuivre en France. Le référentiel d'EDF était en effet en retard par rapport aux pratiques d'autres industriels plus directement impliqués (pétrole, chimie, etc.). Les enjeux portent sur la sécurité du personnel (risque ATEX proprement dit) et sur la sûreté (éventuelles conséquences d'une explosion sur les matériels importants pour la sûreté). La gestion des bouteilles de gaz des prestataires demeure perfectible : une plus grande rigueur de leur part et une surveillance plus étroite s'imposent. Ce domaine dépend de plusieurs équipes dans les CNPE et nécessite une plus forte coordination par le niveau central.

## LA MAÎTRISE INDUSTRIELLE : À RENFORCER

### L'ÉTAT DES INSTALLATIONS : ATTENTION AU *BACKLOG*

Mes visites montrent en France un état globalement satisfaisant des installations. Au Royaume-Uni, j'apprécie les améliorations sensibles initiées depuis quelques années.

Si l'on se réfère à l'international, je pense que les extérieurs et locaux périphériques des sites mériteraient, dans les deux parcs, un meilleur entretien (voiries, pelouses, environnement paysager, etc.).

En France, la démarche MEEI (maintenir un état exemplaire des installations) a fait faire de réels progrès. L'Inspection nucléaire de la DPN en a fait un domaine d'évaluation en soi. J'examine avec

[13] *En-cours des demandes de travaux non soldées, aussi appelé « pot de DT » en France.*

attention ses cotations et recommande de tenir davantage compte d'éléments qu'elle évalue déjà par ailleurs comme par exemple :

- le volume de demandes de travaux en attente (pot de DT) sur les fuites, les EIP, les matériels incendie,
- les observations sur les charges calorifiques, le colisage, les FME, la corrosion des matériels, la tenue des salles de commande,
- etc.

Au Royaume-Uni, des mesures ont été prises pour résorber le *backlog* qui diminue mais demeure néanmoins élevé. Dans mes entretiens, j'entends souvent dire qu'une des raisons du retard vient du fait qu'une grande part des ressources et des efforts doivent être consacrés à résoudre les indisponibilités fortuites urgentes, les problèmes génériques, les obsolescences ainsi que les difficultés des arrêts de tranche. Je recommande de poursuivre résolument les efforts de résorption du *backlog*.

En France, la charge industrielle induite par les nombreuses modifications conduit certains CNPE à décaler des activités de maintenance ou de remise à niveau de matériels sans exigences de sûreté. Cette approche nuit à la qualité du travail : ainsi, les équipes de conduite ou de chargement du combustible (cf. chapitre 5) sont contraintes de trouver des solutions palliatives. Cela ne favorise pas un travail serein et peut au final les détourner d'opérations plus essentielles.

*Entraînement d'une équipe,chantier école d'un AGR*

## LA MAÎTRISE DE LA QUALITÉ : MIEUX TRAVAILLER AVEC LES PRESTATAIRES

Le plan de maîtrise de la qualité de maintenance et d'exploitation (MQME), dont j'ai souligné la mise en œuvre en 2018, se poursuit dans le parc français. La qualité de son pilotage donne confiance dans les effets attendus à moyen terme. Plusieurs de ses axes sont prometteurs dans la durée, comme les revues de pairs, l'attention portée à la préparation des interventions (« je suis prêt »), l'usage des PFI, la non-interruption des lignages.

J'estime qu'une amélioration profonde et durable de la qualité de maintenance et d'exploitation supposera un important travail sur la maîtrise des processus industriels et sur les compétences d'EDF et des prestataires. L'orientation de la DPN vers une plus grande spécialisation des intervenants sur les matériels les plus sensibles pourra y contribuer.

Il me semble important aussi d'améliorer la coopération avec les prestataires et, sans attendre, d'organiser un plus grand nombre d'entraînements avant intervention.

Je suivrai de près les actions de la DPN dans ce sens.

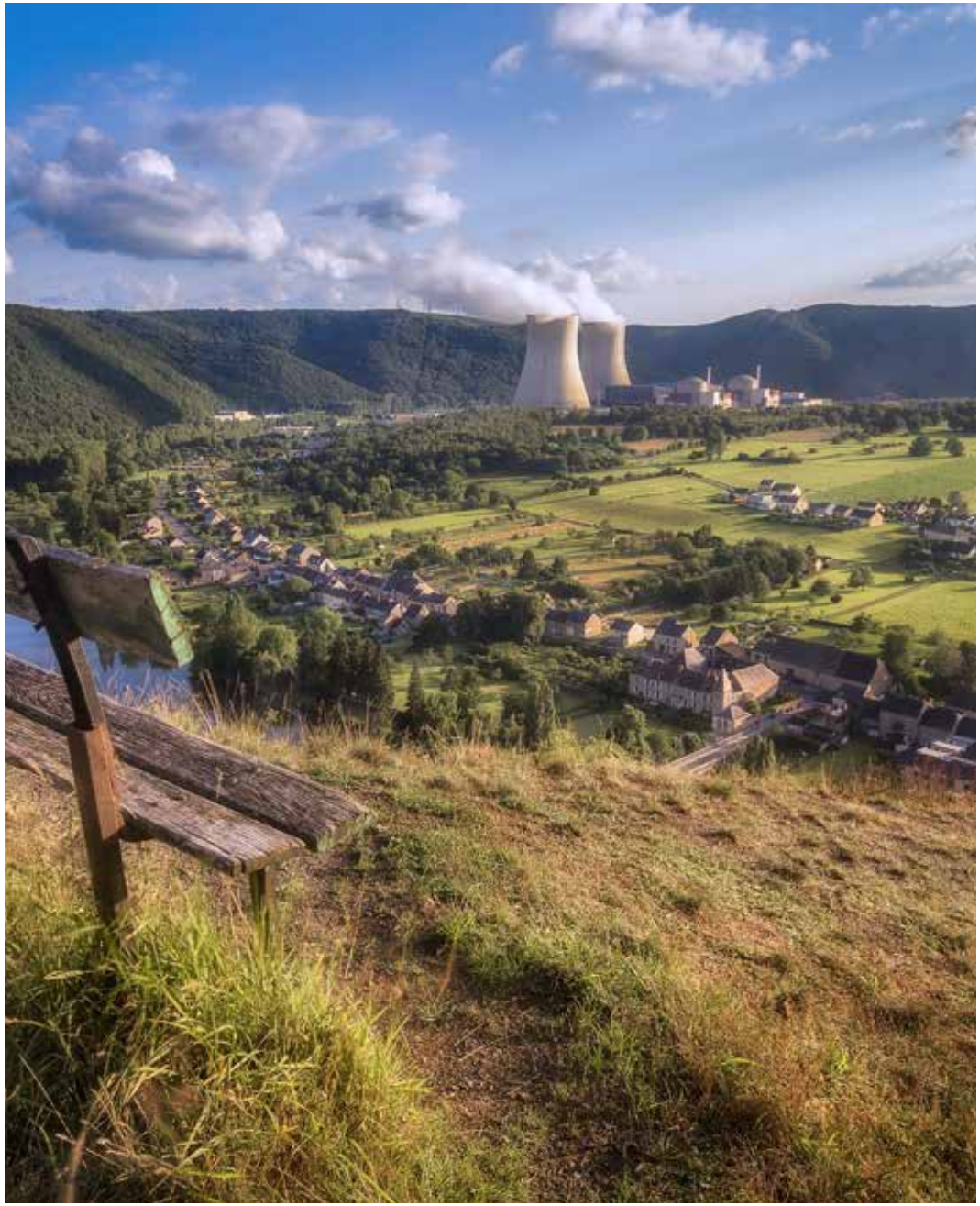
## LA MAÎTRISE DES ARRÊTS : ENJEU INDUSTRIEL ET DE SÛRETÉ

Une bonne maîtrise des arrêts est nécessaire à la sérénité, à la qualité, à la sûreté (cf. mon rapport 2018). Elle n'est pas qu'un marqueur économique : elle révèle la robustesse des processus industriels, indissociable de la qualité de maintenance et d'exploitation, donc de la sûreté.

L'instabilité des plannings désorganise aussi les interventions, avec des effets négatifs sur la motivation, la concentration et la gestion des compétences des intervenants (EDF et prestataires).

Je note que, pour assurer la tenue des programmes d'arrêt, le parc britannique travaille à mieux identifier et à traiter les risques d'aléas industriels et à contenir le volume des travaux. Si des progrès ont été faits en 2019, ils n'ont pas encore permis des améliorations observables des calendriers de redémarrage des réacteurs. La DPN a aussi engagé une action pour diminuer le volume des travaux en attente. Je continuerai à m'intéresser à ces question.

J'apprécie que la DPN et EDF Energy *Nuclear Generation* fassent de la maîtrise des arrêts de tranche un axe central de leur stratégie, avec tout ce que cela suppose en termes d'organisation, de management, de modes de travail avec les prestataires et de gestion des compétences.



*CNPE de Chooz*

**En France, les visites décennales améliorent significativement la sûreté et permettent de poursuivre l'exploitation des réacteurs.**

**Toutefois, des évolutions trop nombreuses et rapides, qu'elles soient techniques, organisationnelles, réglementaires, d'origine interne ou externe, peuvent induire une complexité croissante, facteur de risque pour la sûreté.**

**Au Royaume-Uni, la prolongation de l'exploitation des réacteurs AGR demande une attention particulière pour assurer l'intégrité et la disponibilité des matériels.**

# La complexification : un risque pour la sûreté 02

## EN FRANCE, UN RÉFÉRENTIEL D'EXIGENCES DE HAUT NIVEAU… À CONTENIR

La doctrine française de réexamen périodique de sûreté et l'exigence de l'autorité de sûreté ont été déterminantes pour faire progresser le parc nucléaire. Ainsi des améliorations très significatives sont apportées à la sûreté des CNPE. La conception de l'EPR, bénéfique à la sûreté des futurs réacteurs, permet aussi de réinterroger ou de confirmer les choix réalisés dans le parc en exploitation.

Et pourtant, poussée à l'extrême, la déclinaison de cette doctrine peut aussi, et paradoxalement, réduire le niveau de sûreté.

### ÉVALUER LES RESSOURCES NÉCESSAIRES POUR RÉPONDRE AUX OBLIGATIONS

Dans les CNPE et l'ingénierie, je note, aussi bien pour le parc en exploitation que pour les projets du nouveau nucléaire, une charge de travail actuelle et prévisionnelle très significative.

De nombreuses modifications sont prévues lors des visites décennales (VD2, VD3, VD4, VD5) des différents paliers (CP0, 900, 1300, N4) et pour chaque réacteur. Cette charge de travail croissante nécessite que l'ingénierie améliore sa productivité et dispose des ressources et des compétences nécessaires. Dans les faits, elle doit augmenter significativement la part de sous-traitance, ce qui peut entraîner une perte de sa compétence propre et des difficultés à assurer une surveillance de qualité.

Les dossiers préparés par l'ingénierie pour les CNPE présentent parfois des imperfections, sont fréquemment incomplets et arrivent trop souvent en retard malgré les efforts engagés. L'exploitant est alors en difficulté pour réaliser les modifications, se les approprier, mettre à jour la documentation et former le personnel. Certaines modifications avec une valeur ajoutée réelle pour la sûreté mettent ainsi du temps à être déclarées totalement opérationnelles par les sites (cf. chapitres 5 et 6).

Pour le nouveau nucléaire, projets en cours (Flamanville 3, HPC) ou en préparation (EPR 2, Sizewell C, Jaitapur, etc.), je constate que les évolutions successives, notamment de référentiels, conduisent chaque projet à se transformer en une « tête de série », au prix d'un volume significatif d'heures d'ingénierie.

### FONDER DE NOUVELLES RELATIONS AVEC L'AUTORITÉ DE SÛRETÉ

Depuis plusieurs années, mes échanges avec les ingénieurs, leurs responsables et les dirigeants témoignent d'une pression très forte pour répondre dans les délais attendus aux demandes de l'ASN et aux nombreuses questions de son appui technique, l'IRSN[14].

Il en ressort une forme d'empressement des acteurs, convaincus de « devoir répondre strictement aux exigences de l'autorité de sûreté (ASN) » qui se transforme peu à peu en « devoir répondre strictement aux questions posées par l'ASN », voire en « qu'en penserait l'ASN ? ».

Cette attitude présente un risque car, si l'exploitant n'y prend pas garde, sa responsabilité sûreté peut se déporter vers l'entité de contrôle. J'observe ainsi que des thématiques abordées sous l'angle essentiellement réglementaire conduisent parfois à une perte d'appropriation des enjeux de sûreté.

La seule focalisation sur les réponses à apporter aux autorités et ce sentiment d'être submergé conduiront inexorablement l'exploitant à :

- une forme de retrait, voire « d'obéissance » et de dépendance, envers son autorité,
- ne plus se projeter sur les enjeux de sûreté.

Chacun de ces éléments est à l'inverse d'une posture responsable d'exploitant (cf. chapitre Mon regard).

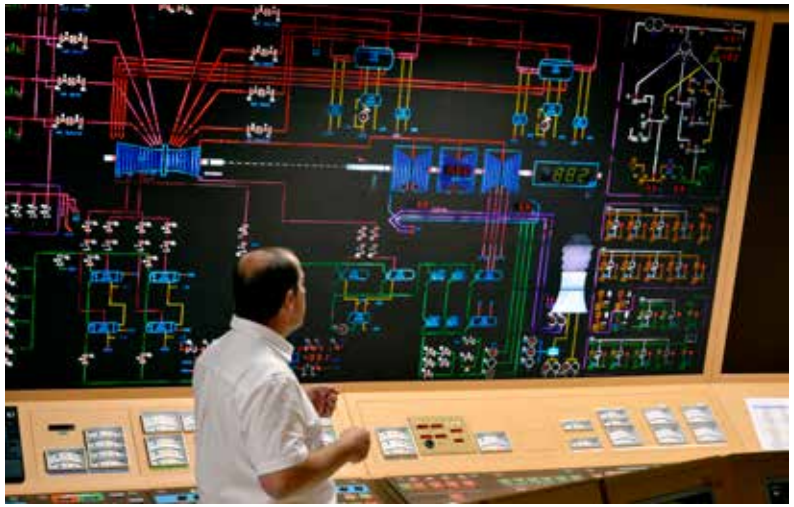
Sans remettre en cause la pertinence du questionnement de l'IRSN, ni la volonté de bien faire de l'exploitant, cette dérive est suffisamment manifeste pour que j'exhorte les responsables d'EDF SA, de l'IRSN et de l'ASN à définir de nouveaux modes de fonctionnement.

[14] *Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire.*

À partir d'objectifs prescrits, l'exploitant a le choix des moyens pour y répondre et doit pouvoir s'en saisir.

Il me semble à cet effet essentiel que EDF SA et l'ASN s'accordent sur :

- une stabilisation des référentiels,
- un volume contenu d'améliorations réparties dans le temps,
- les méthodes et les hypothèses, suffisamment en amont,
- une priorisation et une régulation des questions,
- un calendrier compatible avec les délais d'instruction et les programmes industriels.



*Salle de commande, CNPE de Civaux*

### SÛRETÉ NE RIME PAS AVEC COMPLEXIFICATION…

Cette situation ne résulte pas d'une volonté délibérée mais semble être la conséquence d'une conviction ou d'une croyance collective selon laquelle on peut maîtriser les risques de façon toujours plus complète en ajoutant de nouveaux systèmes, de nouvelles règles et surtout davantage de procédures. S'agit-il alors de maîtriser les risques ou de se rassurer ?

Il est, évidemment, plus sûr et efficace de prévoir les modes de déroulement d'une activité et d'identifier les risques d'échec associés pour s'en protéger. Mais, multiplié par le nombre d'activités, le volume de prescriptions et de procédures devient difficile à appréhender. Se développe ainsi le sentiment d'être pris dans un carcan, peu propice à l'efficacité, à la qualité et à une attitude interrogative.

L'idée n'est pas de remettre en cause le principe d'un référentiel exigeant, indispensable dans des installations à risques, ni d'énoncer que les prescriptions ne sont pas nécessaires. J'alerte sur les dérives d'un système engendrant des organisations d'une trop grande complexité, une parcellisation des tâches et une multiplication des interfaces qui, elles-mêmes, ajoutent de la complexité.

### … LE GROUPE DOIT Y TRAVAILLER « POUR DE VRAI »

La complexification est largement endogène. Lors de mes rencontres avec les décideurs du Groupe, tous s'accordent sur l'impérieuse nécessité de simplifier, de ne pas exiger au-delà du raisonnable, de faciliter le travail de l'intervenant, etc. Pourtant, mes nombreux échanges avec les équipes d'ingénierie, de maintenance et de conduite et avec les prestataires témoignent d'une situation qui n'évolue pas. J'invite notamment les directions d'unités opérationnelles à s'assurer qu'elles-mêmes et les lignes hiérarchiques intermédiaires n'apportent pas un surcroît de complexité.

Convaincu que la sûreté suppose un progrès continu, j'estime que le progrès passe dorénavant par la simplification (cf. chapitre Mon regard).

## LES VISITES DÉCENNALES ET LA PRISE EN COMPTE DU RISQUE AGRESSION

### DES AMÉLIORATIONS SIGNIFICATIVES À SOLDER SANS TARDER

Le niveau de sûreté du parc nucléaire français s'accroît à chaque visite décennale, avec notamment les nouveaux matériels et les améliorations apportées aux systèmes de sûreté. J'ai cependant observé des lenteurs dans les essais de requalification après modifications et dans le traitement d'écarts simples à corriger. Cela retarde la pleine disponibilité de systèmes pourtant appelés à améliorer le niveau de sûreté (cf. chapitres 5 et 6). J'invite les chefs de projets en charge des modifications et chaque CNPE à s'assurer de leur complète finalisation sans attendre.

La mise à disposition des diesels d'ultime secours se poursuit avec un fort engagement des acteurs. Je constate cependant une association trop tardive de l'exploitant à leurs essais. Je préconise d'en tirer le retour d'expérience.

Les améliorations apportées pour faire face aux agressions constituent aussi une avancée notable. Le Groupe, souvent à l'instigation de l'autorité de sûreté, est conduit à mieux comprendre les phénomènes et prendre les dispositions *ad hoc*. Des marges plus importantes sont à intégrer pour les situations difficiles à simuler afin d'éviter des reprises ultérieures d'études et de travaux qui se rajoutent à la charge globale. J'observe souvent des filières indépendantes de sûreté trop éloignées de l'évaluation de la maîtrise des agressions (cf. chapitre 6).

## UN PROCESSUS DÉCISIONNEL À AMÉLIORER

### LA RESPONSABILITÉ INDIVIDUELLE : UNE ATTITUDE À DÉVELOPPER

De nombreux événements dans l'industrie montrent que, trop souvent, responsabilité et prise de décision sont diluées. Chacun devrait à ce titre s'inspirer des analyses de la R&D d'EDF sur l'accidentologie.

Le délai trop important, en 2017, pour rendre conforme un ouvrage de retenue des eaux relève, entre autres, de cette problématique. Dans un système où les responsabilités étaient réparties entre de nombreuses entités, les acteurs ont travaillé aux études de tenue de l'ouvrage mais il manquait un responsable d'ensemble. Le facteur temps, parfois de plusieurs années, conjugué aux fréquents mouvements de personnes, n'a pas favorisé la responsabilisation individuelle. Je regrette que l'analyse des facteurs SOH[15], que j'avais demandée, n'ait pas été engagée.

J'observe cependant que la DPN a, dans une logique de conformité, mis en place rapidement le dispositif AREC[16] pour améliorer le traitement des anomalies conformément aux exigences réglementaires.

À la suite de l'écart constaté sur les soudures du circuit secondaire principal de Flamanville 3, le Département filière indépendante de sûreté qualité de la DIPNN a réalisé une analyse technique complète, à la demande du directeur de la DIPNN. Elle mériterait d'être complétée d'une analyse SOH pour comprendre l'impact des organisations et de la distribution des responsabilités sur les mécanismes de prises de décisions.

Dans une organisation complexe, la définition précise des rôles et des responsabilités est un élément clé d'une bonne gouvernance. Il est aussi essentiel que chacun ait une conscience claire des enjeux de sa tâche pour la sûreté et de sa responsabilité personnelle.

### UNE EXPERTISE DE BON NIVEAU À MIEUX ASSOCIER AUX DÉCISIONS

Chaque année, je rencontre des experts de haut niveau tant à la R&D d'EDF que dans l'ingénierie ou chez Framatome (cf. chapitre 8).

Je m'étonne que des experts, convaincus de la nécessité d'employer des méthodes de modélisation plus performantes pour mieux évaluer les phénomènes, ne s'y engagent pas, faute d'une demande de la ligne opérationnelle et d'un budget associé. Les mécanismes financiers doivent procurer aux experts du Groupe une certaine autonomie d'exploration des sujets, en amont et au-delà des projets. Il faut y veiller.

Le rôle des experts n'est pas seulement de répondre à des demandes d'arguments : il est aussi d'alerter. Or les experts sont parfois cantonnés aux questions posées, on ne leur demande pas de s'exprimer au-delà et ils ne prennent pas la responsabilité de le faire (cf. chapitre 6). Pourtant, la capacité à s'entourer de l'ensemble des compétences nécessaires est un des points clés de la prise de décision opérationnelle.

De plus, la filière indépendante de sûreté doit être positionnée pour réinterroger les choix, les pratiques et les comportements.

Il me semble que le *Chief Technical Officer* du Groupe (CTO), qui a déjà œuvré à mieux valoriser les experts, pourrait prolonger son action pour davantage les associer aux processus décisionnels et veiller à ce qu'ils disposent de budgets dédiés pour assurer leur rôle transversal aux projets.

*CNPE de Paluel*

## LA CONFORMITÉ : UN PAS A ÉTÉ FRANCHI

À l'ingénierie et à la DPN, le processus AREC me semble bien établi avec une remontée rapide des non-conformités. Compte tenu de la charge de travail associée et de l'importance de cet enjeu, j'invite la direction de la DPN à développer les capacités d'analyse de sûreté dans les sites (identification d'un chemin sûr).

[15] *Socio-organisationnel et humain.*
[16] *Analyse réactive des écarts de conformité.*

Les entités d'ingénierie ont bénéficié d'un audit de l'Inspection nucléaire de la DPN et des axes d'amélioration ont été définis. L'année 2020 devra être mise à profit pour :

- standardiser les processus de traitement des non-conformités entre entités d'ingénierie,
- garantir que le délai d'investigation nécessaire après détection d'une anomalie potentielle est sous contrôle,
- sensibiliser le personnel et les prestataires à leur obligation de signaler rapidement les anomalies potentielles.

La *DESign Authority* du parc en exploitation[17] établit une carte d'identité de chaque réacteur. Ce document précise l'état de conception du réacteur et les opérations clés à réaliser pendant les arrêts pour maintenance (VD, VP)[18] afin d'assurer la conformité de l'installation aux exigences attendues. Cette disposition me semble adaptée et je suis surpris de rencontrer des directeurs techniques et des chefs de mission sûreté qualité de sites peu au fait de cette carte. J'invite la DPN à promouvoir son utilisation.

*Intervention en zone controlée, CNPE de Bugey*

## L'ARRÊTÉ INB/AIP EIP

Sous l'égide de la DPN, un travail commun avec l'ensemble des entités d'ingénierie a permis d'aboutir à un guide partagé pour structurer, lors de la mise en place des listes d'EIP/AIP[19], l'identification des EIP/AIP et des exigences définies afférentes conformément à l'arrêté INB.

J'apprécie la démarche d'analyse des risques qui conduit à affecter à chaque AIP/EIP des exigences proportionnées mais je regrette le vocabulaire compliqué qui fait perdre le sens. Le texte réglementaire, sa traduction par l'autorité de sûreté et sa déclinaison dans les trop nombreux documents de l'ingénierie et de l'exploitant renforcent le caractère juridique, au détriment d'une approche de la maîtrise des risques par la technique. Cependant, la mise en œuvre de ce texte a conduit à renforcer un certain nombre de contrôles et de suivi de matériels ; je ne peux qu'en être satisfait.

Les référentiels sont maintenant établis, il est de la responsabilité de chaque directeur de site de veiller à leur bonne intégration et j'invite l'Inspection nucléaire de la DPN à poursuivre ses contrôles dans ce domaine.

## AU ROYAUME-UNI : DIFFICULTÉS TECHNIQUES ET CULTURE DE SÛRETÉ

En 2018, j'ai mentionné une corrosion généralisée dans un réacteur AGR, ce qui a nécessité une longue période d'arrêt pour réparations. Le temps mis à détecter et à traiter ce phénomène révèle, parmi d'autres causes, une accoutumance à une corrosion croissante, traduisant un défaut de culture de sûreté.

J'ai noté en 2019 les actions engagées pour améliorer la situation, notamment :

- affectation de nouveaux manageurs (direction, services, équipes),
- mutation de personnel et renforcement de l'INA avec des compétences externes,
- remise à niveau de matériels et nouveaux investissements,
- formations complémentaires (performance humaine, responsabilité individuelle).

J'encourage fortement les directions du site et d'EDF Energy *Nuclear Generation* à poursuivre leurs efforts pour améliorer durablement le niveau de culture de sûreté. J'en suivrai les progrès avec attention.

Un problème récent rencontré dans un autre réacteur AGR montre que l'appréciation de l'état des matériels repose notamment sur les modèles numériques et leurs conditions d'utilisation. Aussi, j'encourage EDF Energy *Nuclear Generation* à poursuivre l'amélioration des codes de calcul et à développer en parallèle les inspections en service. Celles-ci permettent de connaître l'état réel des équipements et aussi de qualifier les modèles.

Les difficultés rencontrées dans les réacteurs AGR doivent conduire à une réflexion sur les investissements nécessaires, rapportés à leur durée d'exploitation maximale visée (cf. chapitre Mon regard) .

[17] *Entité rattachée à la DIPDE chargée de garantir la conformité des installations à la conception initiale et aux nouvelles exigences définies.*
[18] *Visite décennale et visite partielle.*
[19] *Activités et éléments importants pour la protection des intérêts.*

**Mécanisme d'oxydation des générateurs de vapeur (GV) d'un AGR**

Dans les circonstances normales d'exploitation d'un AGR, l'oxydation de l'alliage (à 9 % de chrome) des tubes de générateurs de vapeur est lente, car une couche d'oxyde protectrice se développe. Leur défaillance est donc jugée improbable.
Toutefois, au-delà d'une certaine température, la couche protectrice n'est plus stable et l'oxydation augmente à un rythme tel qu'une fuite peut se produire.
Au cours d'une validation périodique du code utilisé pour évaluer les températures du métal des tubes, il est apparu que, pour chaque GV, 2 d'entre eux pouvaient être jusqu'à 20°C plus chauds qu'initialement modélisé. À ces températures, la cinétique beaucoup plus élevée d'oxydation de l'alliage remet en question le dossier de sûreté existant.

## LA PLACE DES FILIÈRES INDÉPENDANTES DE SÛRETÉ

### À L'INGÉNIERIE : L'ÉMERGENCE D'UNE FIS EN FRANCE

En 2018, j'invitais la DIPNN à réfléchir à la structuration d'une FIS. Je note avec satisfaction qu'elle a validé des orientations clés, notamment :

- les missions de la FIS (conseil, évaluation, alerte),
- un rattachement hiérarchique direct des responsables FIS à leur directeur (DIPNN, entités d'ingénierie et projets),
- la compétence et la crédibilité des FIS.

Le travail reste à poursuivre. Il me paraît opportun d'approfondir les points suivants :

- choix et rattachement de l'entité chargée des évaluations de conformité au profit du directeur de la DIPNN,
- élaboration d'un référentiel unique pour l'ensemble des ingénieries,
- articulation des FIS de la DIPNN avec les autres FIS (DPN, Flamanville 3, HPC, DIPDE) et rôles respectifs dans les instances.

De plus, les modalités de surveillance d'Edvance par EDF SA restent un point délicat.

J'examinerai la mise en œuvre des dispositions envisagées (missions, ressources et compétences, indépendance, tâches réalisées).

L'Inspection nucléaire a aussi conduit, pour le compte de la DPN, des vérifications dans les centres d'ingénierie sur des sujets comme le traitement des non-conformités et l'application de l'arrêté INB. Cela témoigne d'une posture responsable et conforme à l'arrêté INB.

*Centrale de Torness*

### EN EXPLOITATION : UNE FIS ROBUSTE EN FRANCE

Le directeur délégué sûreté du parc et l'Inspection nucléaire de la DPN s'assurent que la FIS est écoutée dans les sites. Ils challengent la pertinence des déclarations d'événements et la qualité de leurs analyses. Il me paraît opportun que la direction de la DPN s'interroge sur :

- le pilotage actuel du domaine agressions par les chefs de mission sûreté qualité des sites, qui prive les sites d'une voie indépendante de vérification (cf. chapitre 6),
- la part croissante du domaine sécuritaire dans les tâches des chefs de mission sûreté qualité.

Dans les CNPE, la FIS porte les exigences de sûreté et n'hésite pas à alerter les directions en cas de désaccord avec les services opérationnels. Cependant les CNPE doivent :

- s'assurer que les ingénieurs sûreté (IS) évaluent plus systématiquement les opérations de divergence et de fonctionnement à basse charge (cf. chapitre 5),
- accroître la connaissance des risques liés aux agressions par les IS (et les chefs d'exploitation) et renforcer l'évaluation de ce domaine (cf. chapitre 6),
- s'assurer que le domaine de la crise est bien couvert par la FIS (cf. chapitre 7), dont les chefs de mission sûreté qualité,
- promouvoir la connaissance de l'arrêté INB.

### AU ROYAUME-UNI, VEILLER AUX RESSOURCES DE L'INA

L'organisation du parc britannique pour traiter les sujets de sûreté est robuste. Dans chaque site un TSSM[20] assisté d'ingénieurs experts appuie les équipes opérationnelles. Dans les services centraux, ce rôle est assuré par la *Design Authority*.

*Activité de maintenance dans un AGR*

Les évaluations indépendantes de sûreté menées par les équipes expérimentées de l'INA, parfois en présence de l'autorité de sûreté (ONR), donnent confiance. Indépendantes du management des sites, elles sont reconnues pour leur impartialité. Elles doivent dans certains sites veiller à assurer leur devoir d'alerte en toutes circonstances. L'INA rencontre des difficultés pour remplacer les inspecteurs expérimentés qui partent en retraite ; cette difficulté se cumule à une moindre attractivité de ce type de poste. Je recommande à la direction du parc britannique de valoriser l'INA dans les parcours professionnels.

Je note avec satisfaction le renforcement dans le projet HPC d'une filière indépendante de sûreté, solide, mandatée par le directeur du projet. Cette équipe a tiré profit de la présence de pairs venant de l'externe pour améliorer son efficacité.

### Le défi de la complexité

La R&D d'EDF s'est intéressée[21] aux conséquences de la complexité et a proposé des pistes de réflexion parmi lesquelles :

- « alléger le prescriptif et donner une place substantielle à l'analyse des aspects informels (écoute, prise en compte, débat),
- lutter contre la fragmentation excessive des organisations ; réduire le nombre d'interfaces jusqu'à un optimum, tout en simplifiant la nature des relations […] ; se méfier de la division du travail excessive, de l'hyperspécialisation par corps de métiers […] qui rend la gestion aux interfaces plus critique,
- réinvestir dans la gestion des compétences ; maintenir l'équilibre généralistes-spécialistes ; s'appuyer sur des piliers d'expérience ; réfléchir sur l'optimum quant à la rotation des personnels,
- introduire une progressivité accrue des changements organisationnels ; réaliser une étude de risques poussée en préalable aux changements techniques et organisationnels ; accélérer les changements améliorant la sécurité,
- […] intervenir à temps en organisant la controverse ; ménager des lieux et des moments de respiration et de débat ; favoriser une parole fluide, authentique, et en particulier la remontée des critiques, mauvaises nouvelles et alertes ; développer des analyses différentes et contradictoires […] ; mettre en place des formations et des conditions favorisant chez les manageurs la réflexivité et l'autocritique, la prise de recul,
- réduire les potentiels de danger et la vulnérabilité des systèmes en réduisant la concentration de ces derniers ; chercher à mieux maîtriser les pressions productives et leurs effets organisationnels (ex. pression temporelle, stress, etc.) ; créer des équipes d'aide à la résolution de situations critiques… ».

[20] *Technical safety and support manager.*
[21] *La complexité des systèmes sociotechniques à risques rend-t-elle les accidents inévitables ? Yves Dien, Nicolas Dechy, Michel Llory - octobre 2012.*

## MES RECOMMANDATIONS

À la DPN, les référentiels d'application de l'arrêté INB sont établis, l'identification des AIP et des EIP se termine et des audits de conformité sont engagés. En raison de la complexité de ce référentiel, il est souhaitable de simplifier les documents internes pour une meilleure appropriation par les sites. Je recommande aussi au directeur de la DPN de mettre en place ou de renforcer la formation des métiers concernés.

La DIPNN a défini le contour de sa filière indépendante de sûreté à la fin 2019. Je recommande au directeur de la DIPNN d'en assurer le déploiement. Je recommande aux directeurs de la DIPNN et de la DPNT de veiller à une articulation efficace entre les FIS, en particulier dans les instances décisionnelles.

En France, la charge prévisionnelle de travail très significative pour le parc en exploitation (réexamens décennaux), et pour le nouveau nucléaire (HPC, EPR 2, Sizewell, etc.) nécessite que le Groupe s'assure de sa capacité à y répondre. Je recommande aux directeurs de la DPNT et de la DIPNN :

- de bâtir avec l'ASN un programme pluriannuel couvrant tous les projets et évolutions envisagés,
- de veiller à ce que l'exploitant conserve sa pleine responsabilité en matière de sûreté.

Au Royaume-Uni, des prolongations incrémentales de la durée d'exploitation des réacteurs AGR pourraient conduire à ne pas réaliser les investissements qui auraient été nécessaires pour la durée de fonctionnement atteinte *in fine*. Je recommande au directeur d'EDF Energy d'établir les investissements sur une durée maximale envisagée qui ne serait pas dépassée.

**Un décès survenu lors d'une opération de déchargement de matériel ainsi que plusieurs événements de sécurité à haut potentiel soulignent que la vigilance doit être permanente.**

**En France, les résultats de sécurité se dégradent.**

**Les résultats de radioprotection sont à un niveau satisfaisant mais je note des situations à risque.**

**Les actions de prévention et de contrôle des addictions sont à généraliser en France, comme c'est le cas dans le parc britannique et chez Framatome.**

# La sécurité et la radioprotection 03

## LA PRÉVENTION DES RISQUES CRITIQUES : LA PRIORITÉ

Je déplore le décès survenu lors du déchargement d'un camion dans un site. La priorité du Groupe reste l'éradication des accidents mortels : rien ne peut justifier de perdre sa vie au travail. Ce drame rappelle la nécessité de poursuivre les efforts engagés à tout niveau, tant en interne que chez les prestataires, pour prévenir les situations à risques vitaux.

Les règles vitales associées et les procédures propres à chaque métier sont largement diffusées. Le partage des bonnes pratiques est encouragé, des formations et de nombreuses campagnes de communication sont organisées. Je regrette que ces règles, destinées à préserver la vie des personnes, soient souvent considérées comme des exigences parmi beaucoup d'autres et placées au même niveau.

À la demande du Président d'EDF, un temps d'arrêt STOP sécurité a été organisé le 3 octobre 2019 dans le Groupe pour « *permettre un temps d'introspection en équipe, sans tabou, sur le respect des règles vitales et des fondamentaux et les obstacles rencontrés dans l'application de ces règles* ». Les prestataires ont été invités à s'y associer. Des engagements de progrès et des plans d'actions ont été établis par chaque équipe et j'en suivrai l'efficacité.

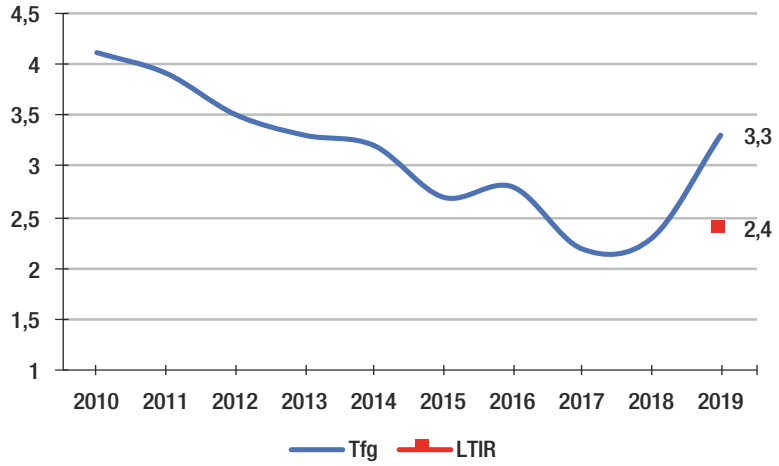
Depuis 2015, EDF SA et EDF Energy s'associent pour mener des campagnes communes sur la sécurité. Le thème retenu en 2019 pour sensibiliser les salariés du Groupe et les prestataires est le risque électrique.

### EN FRANCE : UNE DÉGRADATION DES RÉSULTATS…

**À la DPN,** le LTIR est de 2,4 ; le taux de fréquence global (Tfg) de 3,3 se dégrade par rapport à 2018 (2,3).

Après une baisse régulière depuis 2016, le nombre d'accidents liés aux risques vitaux augmente de nouveau : 5 accidents avec arrêt de travail (4 en 2018), 11 accidents sans arrêt (6 en 2018).

Les travaux électriques, les travaux en hauteur, les manutentions de charges et les tirs radio sont à l'origine du plus grand nombre d'événements de sécurité à haut potentiel. L'Inspection nucléaire de la DPN note d'ailleurs que la mise en œuvre des règles vitales associées aux risques électriques et aux travaux en hauteur reste fragile dans les chantiers. J'observe que la période estivale est une période plus sensible. Cela rappelle que rien n'est définitivement acquis dans ce domaine. J'incite tous les acteurs, EDF et prestataires, à se mobiliser rapidement pour redresser la situation.




***Tfg et LTIR à la DPN***

**À l'ingénierie,** les résultats de la DIPNN demeurent non satisfaisants avec un LTIR hors Flamanville 3 de 2,0 (1,4 en 2018) et un Tfg de 3,0 (2 en 2018). A la DIPDE, les résultats sont en progrès avec un LTIR de 1,8 (2,8 en 2018). Dans les Equipes communes, les risques de chute de hauteur et les risques électriques concernent le plus grand nombre d'événements à haut potentiel.

**À Flamanville 3,** le taux de fréquence reste très élevé avec un LTIR de 5,9 (4,6 en 2018) et un Tfg de 6,5 (5,5 en 2018). Malgré les actions régulièrement menées par la direction du projet, en associant les prestataires, je note toujours de nombreux presque-accidents et situations à risque en majorité liés au risque électrique. En complément de ces actions, que j'invite à poursuivre, un travail portant sur la propreté et le rangement du chantier serait de nature à améliorer la prévention des risques.

**Dans les sites en déconstruction,** le LTIR est de 0,5 (4,7 en 2018).

**LTIR (Lost Time Injury Rate)**

Cet indicateur est exprimé en nombre d'accidents avec arrêt de travail par million d'heures travaillées.
Contrairement à l'indicateur Tfg, taux de fréquence global, qui prend en compte tout accident avec arrêt de travail dès lors qu'il survient en service, le LTIR considère uniquement les accidents directement liés à l'activité professionnelle.
Il est adapté pour mesurer l'efficacité des politiques et des actions de prévention des risques menées dans les entités du Groupe. Il est internationalement reconnu.

### … QUI DEMANDE L'IMPLICATION DE CHACUN DANS LA DURÉE

Les équipes sécurité que je rencontre sont motivées et dynamiques. Elles mènent de nombreuses actions, notamment de sensibilisation. C'est par exemple le cas de la campagne MISEZ de la DPN pour les risques liés aux opérations de chargement-déchargement de matériels. Je note aussi que les campagnes de sécurité routière engagées à la DPN après les accidents de 2018 portent leurs fruits avec une diminution du nombre et de la gravité des accidents routiers.

*Ronde de sécurité, CNPE de Flamanville 3*

La plupart des sites sont sensibilisés aux risques vitaux. Par exemple, la remontée vers le niveau central des événements dits à haut potentiel intervient généralement dans les 24 heures, mais ces événements ne sont pas toujours suffisamment exploités.

Pratique répandue dans les entités opérationnelles, les messages sécurité se limitent souvent à une communication institutionnelle (affichage, vidéos). Contrairement à la pratique britannique qui vise à rechercher des voies de progrès collectifs, ils sont rarement un moment de partage dans les équipes.

Dans le domaine de la sécurité, comme dans beaucoup d'autres, le foisonnement des règles banalise les plus importantes. Pour les règles vitales, la DPN a décidé de se référer aux 10 règles vitales du Groupe, ce qui facilite l'harmonisation des approches. Il faudra cependant s'assurer que certaines règles spécifiques aux sites nucléaires ne soient pas oubliées, par exemple ne pas franchir un balisage de tir radio sans y être autorisé par le chef de tir.

Cette volonté de simplifier et d'harmoniser les approches se manifeste aussi dans l'établissement par la DPN d'un référentiel unique pour les équipements de protection individuelle (EPI), qui devrait voir le jour en 2020.

**MISEZ sur la sécurité en France**

Cette campagne de communication de la DPN vise à faciliter l'analyse de risques d'une activité de chargement-déchargement de matériels et identifie 5 points clés de sécurisation :

- Masse et centre de gravité connus,
- Intervenants formés et autorisés,
- Stabilité charge et engin vérifiés,
- État de l'engin contrôlé,
- Zone d'exclusion respectée.

Le rôle des manageurs, d'EDF et des prestataires est toujours reconnu comme essentiel. J'apprécie que certains sites organisent des visites des installations associant EDF et des prestataires. J'observe cependant une présence encore trop faible, en volume et en qualité, des manageurs sur le terrain.

L'approche de vigilance partagée, engagée depuis la fin 2015 à la DPN, n'est toujours pas entrée dans le quotidien. Une telle approche et de tels changements de comportements ne peuvent réussir sans exemplarité et sans un accompagnement fort (cf. mon rapport 2018).

De nombreux manageurs de proximité se disent en difficulté (cf. chapitre 4) pour porter le sens et contrôler le respect d'exigences trop nombreuses qui se complexifient (détection amiante, réglementation levage, etc.). Ma recommandation de 2018, visant à renforcer leur formation à la sécurité et à les accompagner dans leur présence sur le terrain, reste d'actualité.

### AU ROYAUME-UNI, DE BONS RÉSULTATS…

Dans les sites en exploitation, les résultats restent à un bon niveau : LTIR de 0,3 en 2019 (0,5 en 2018). Les travaux en hauteur demeurent un point d'attention.

À Hinkley Point C, les résultats de sécurité restent à un très bon niveau : avec un LTIR de 0,92 (1,18 en 2018), le chantier se place parmi les meilleurs de ce type. J'apprécie l'organisation du site, des accès, des circulations des piétons ainsi que le rôle des responsables de zone. Les points d'attention demeurent, en premier lieu, les chutes de charges lors des nombreuses opérations de levage (60 000 par mois), les chutes d'objets et les travaux en hauteur. Je souligne l'implication permanente et efficace du directeur du site dans le renforcement de la sécurité. Je note aussi d'importants efforts pour améliorer le bien-être (*mental health*) du personnel du chantier, dont plus de la moitié se trouve éloignée de son domicile.

**I always au Royaume-Uni**

Cette campagne d'une durée de six semaines, destinée à tout le personnel d'EDF Energy, s'est focalisée sur six thèmes. Les *Safety messages,* déjà pratiqués dans les équipes, ont abordé un thème par semaine :

- perception et élimination des risques,
- travail en hauteur,
- chute d'objets,
- conduite de véhicules,
- blessures aux mains,
- utilisation des outils.

Les manageurs disposaient d'une fiche synthétique, accessible sur l'intranet d'EDF Energy, reprenant les principaux messages quotidiens. Des informations complémentaires (vidéos, thèmes de discussions, questions, conseils, rappel des règles) étaient fournies pour les aider à animer les échanges.

Les messages étaient les mêmes pour toutes les équipes. Les commentaires et illustrations étaient spécifiques aux métiers, techniques ou tertiaires, des entités.

### … À MAINTENIR PAR L'ENGAGEMENT MANAGÉRIAL

Au Royaume-Uni, la sécurité est une valeur partagée par tous : se protéger des risques fait partie intégrante du professionnalisme.

Des actions de prévention sont menées, comme des campagnes de communication ciblées sur des messages percutants. C'est le cas de la campagne *I always* faisant suite à la dégradation des résultats en 2018 et début 2019.

J'encourage les manageurs d'EDF Energy et des entreprises prestataires à poursuivre avec détermination leurs actions sur le terrain pour développer des attitudes durablement favorables à la sécurité, en conseillant leurs équipes et en s'assurant qu'elles respectent les règles.

*Entraînement au contrôle de contamination, CNPE de Fessenheim*

## LA PRÉVENTION DES ADDICTIONS

La consommation d'alcool et de stupéfiants, incompatible avec les métiers du nucléaire, est interdite dans les sites.

En France, la directive DI 120 (Alcool et responsabilité) est appliquée dans les CNPE depuis une quinzaine d'années et des contrôles réguliers sont menés, conduisant à une situation globalement satisfaisante.

En revanche, les progrès dans la détection de stupéfiants restent encore timides. Les règlements intérieurs de certaines unités ont été modifiés et quelques contrôles réalisés, mais la dynamique me paraît insuffisante. Le Conseil de sûreté nucléaire (CSN) du 26 juin 2019 a noté la nécessité d'une sensibilisation accrue et de contrôles plus fréquents. J'appelle de nouveau à décliner sans tarder la politique du Groupe en la matière.

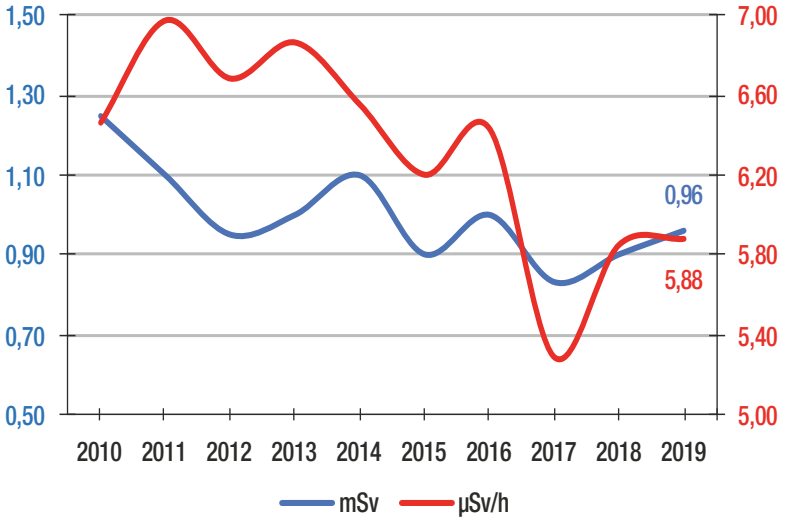
Au Royaume-Uni, les contrôles aléatoires pour détecter alcool et produits stupéfiants sont une routine. C'est une bonne pratique.

## DES RÉSULTATS SATISFAISANTS EN RADIOPROTECTION

### EN FRANCE, DES RÉSULTATS STABLES…

En 2019, dans un contexte industriel chargé (dont 7 visites décennales), la dose collective (0,74 homme.Sievert/réacteur) est légèrement au-dessus de l'objectif de la DPN (0,70). L'augmentation par rapport à la prévision initiale est concentrée sur quelques arrêts de réacteurs.

La dose individuelle moyenne par salarié (EDF et prestataires) est de 0,96 milliSievert (mSv), en augmentation par rapport aux années précédentes (0,90 mSv en 2018 et 0,83 mSv en 2017). Cent cinquante et un intervenants (160 en 2018) ont reçu une dose annuelle supérieure à 10 mSv. Aucun ne dépasse 14 mSv. La limite réglementaire est fixée à 20 mSv.




***Dose individuelle moyenne et dose horaire (EDF et prestataires)***

Les 7 événements de contamination externe, avec dépassement du quart de la limite réglementaire annuelle, révèlent un manque de respect des règles d'habillage/déshabillage et de contrôle individuel.

Plusieurs événements significatifs appellent à renforcer la rigueur et la vigilance de chacun :

- 42 pour les activités en zone orange
  (36 en 2018, 29 en 2017, 45 en 2016),
- 4 pour les activités en zone rouge
  (2 en 2018, 1 en 2017, 4 en 2016),
- 9 liés aux tirs radio
  (6 en 2018, 6 en 2017, 9 en 2016).

### … AVEC DES ALERTES À NE PAS NÉGLIGER

Les événements de non-respect de la condamnation de locaux en zone rouge et ceux liés aux tirs radio, avec plusieurs situations où des personnes se trouvaient dans le balisage de la zone de tir, traduisent un manque de rigueur inacceptable. Pour deux des accès en zone rouge, la règle décidée par la DPN après l'événement de 1999 n'a pas été respectée. Celle-ci prévoit qu'une seule personne ne peut pas disposer des deux clés nécessaires à l'ouverture des portes d'accès à une zone rouge. La seconde clé a été « prêtée » au collègue qui disposait de l'autre, lui permettant ainsi de pénétrer librement dans le local.

**Zone rouge : l'origine de la règle des deux clés**

En 1999, un salarié du service prévention des risques (SPR) d'un CNPE a reçu une dose de radioactivité supérieure au seuil réglementaire, fixé à l'époque à 50 mSv/an et qui a été réduit à 20 mSv/an depuis.

Cet intervenant a pénétré sans autorisation dans une zone rouge située sous la cuve du réacteur, dont l'accès est strictement règlementé, pour en retirer des outillages. L'enquête a conclu que le salarié et deux de ses collègues du service SPR n'avaient pas respecté les règles d'accès.

À la suite de cet événement, classé au niveau 2 de l'échelle INES, la DPN a renforcé les mesures pour interdire l'accès aux zones rouges, en mettant notamment en place un double verrouillage avec une clé conservée au service SPR et l'autre en salle de commande.

Les campagnes d'assainissement des circuits primaires conduisent à des réductions de doses significatives. Leur programme se déroule comme prévu et j'invite à le poursuivre. De nouvelles méthodes pour établir les priorités ont été développées par l'UNIE[22]. Je suggère

[22] *Unité d'ingénierie d'exploitation de la DPN.*

de vérifier que le rythme des assainissements est suffisant pour améliorer la dosimétrie moyenne du parc. Le volume des travaux lors des arrêts de réacteur pour maintenance ne doit en aucun cas être un prétexte de report d'une campagne.

Lors de ses évaluations, l'Inspection nucléaire de la DPN relève en particulier les améliorations à apporter dans :
- l'exploitation des événements de radioprotection,
- la démarche d'élimination des points chauds,
- la propreté radiologique des chantiers.

J'incite les CNPE à progresser sur ces points.

Les équipes chargées de la radioprotection, que je rencontre, sont engagées et compétentes. Dans mon rapport 2018, je soulignais que la radioprotection demeure parfois l'affaire des spécialistes. Ce qui précède montre la nécessité de renforcer la sensibilisation et la rigueur de tous, et donc de chacun.

### AU ROYAUME-UNI, DES RÉSULTATS SATISFAISANTS…

Par conception, les doses collectives des réacteurs AGR sont très limitées : 0,03 homme.Sv/réacteur en 2019 (0,05 homme.Sv/réacteur en 2018). Les principaux contributeurs ont été les interventions dans le caisson d'un réacteur.

Pour le réacteur à eau sous pression de Sizewell B, la dose collective est de 0,26 homme.Sv (0,1 en 2018, 0,3 en 2017), ce qui le maintient à un bon niveau au plan international. La dose collective lors de l'arrêt de ce réacteur pour maintenance est le meilleur résultat jamais atteint par le site. La dose individuelle maximale pour le parc britannique est de 4,37 mSv (7,19 mSv en 2018 et 5,54 mSv en 2017).

Malgré les nombreux arrêts de réacteurs pour maintenance, la maîtrise des tirs radio reste de très bon niveau (aucun événement).

### … AVEC QUELQUES POINTS DE VIGILANCE

Si les résultats de radioprotection sont bons dans l'ensemble du parc britannique, on m'a signalé des comportements inadaptés dans certains sites : par exemple, le non-respect des barrières limitant temporairement l'accès dans certaines zones ou l'absence d'utilisation des appareils de contrôle de contamination des petits objets (*Small Article Monitors*). L'effet positif du design des AGR sur la radioprotection ne peut justifier un manque de rigueur ou de respect des règles.

Aussi, j'invite à renforcer, dans certains sites, le rôle des comités ALARP[23] chargés du pilotage de la radioprotection afin que les différents métiers s'y impliquent suffisamment.

## MES RECOMMANDATIONS

**En 2019, je note globalement peu de progrès dans les domaines sécurité et radioprotection. Je dois donc réitérer les recommandations de mon rapport 2018.**

**« Je recommande aux directeurs de la DPNT, de la DIPNN et d'EDF Energy, en liaison avec les entreprises prestataires, de renforcer la prévention des risques vitaux, en particulier sur :**
- **le risque électrique et les tirs radio en France,**
- **les travaux en hauteur au Royaume-Uni ainsi que le levage à Hinkley Point C.**

**L'action du management sur le terrain est l'un des principaux facteurs de progrès en sécurité et radioprotection. Je recommande aux directeurs de la DPNT, de la DIPNN et d'EDF Energy que les manageurs soient formés de manière plus complète et opérationnelle et qu'ils bénéficient tous d'un accompagnement personnalisé sur le terrain par leur chef.**

**Les métiers du nucléaire exigent de chacun vigilance et pleine maîtrise de ses moyens. Je recommande aux directeurs de la DPNT et de la DIPNN de veiller à une déclinaison rapide de la politique du Groupe en matière de prévention et de contrôle des addictions ».**

[23] *As Low As Reasonably Practicable.*

*Réunion d'équipe, CNPE de Civaux*

**Le manageur porte le sens et incarne la priorité donnée à la sûreté, surtout dans des périodes d'incertitudes et de changements d'organisation ou de méthodes de travail.**

**Il joue ainsi un rôle essentiel dans l'encadrement technique de son équipe, la motivation et le développement des compétences de ses collaborateurs, au service de la performance du Groupe.**

**Il doit faire face à de nombreuses sollicitations, parfois contradictoires, et s'adapter à un contexte qui évolue rapidement.**

# Le rôle déterminant du manageur de proximité 04

Parmi les manageurs du nucléaire, le manageur de proximité, souvent appelé manageur de première ligne (MPL), forme le premier niveau de management dans le Groupe.

En France et au Royaume-Uni, son rôle s'adapte aux spécificités des organisations, à la composition et à la taille de son équipe : le responsable d'une équipe de maintenance, le chef d'exploitation dans une centrale nucléaire, le chef d'un groupe dans l'ingénierie ou la R&D n'ont évidemment pas le même quotidien. Par-delà ces différences, j'ai choisi de m'intéresser à des aspects génériques illustrant l'importance et aussi la difficulté du rôle du MPL.

Les MPL que je rencontre sont motivés et s'investissent fortement dans leur travail. Ils ont des profils et des expériences variés. Tous s'expriment de manière ouverte, constructive et transparente lors de nos échanges. Malgré les difficultés qu'ils rencontrent dans leur travail quotidien, je perçois en 2019 une plus grande attractivité de leur métier dans plusieurs entités et je m'en réjouis.

## LE MPL SUR TOUS LES FRONTS

Le MPL est souvent tiraillé entre les demandes de sa hiérarchie, les réalités techniques et les difficultés quotidiennes de son équipe. Malgré des exigences croissantes, parfois contradictoires, et la pression du temps réel, il doit toujours placer la sûreté en priorité.

Lors de mes visites, les MPL me font de plus en plus souvent part de la forte pression mise par les directions de sites et d'entités d'ingénierie ou de projets sur le respect du planning et l'amélioration de la productivité. Ces contraintes, poussées à l'excès, pourraient dans certains cas amener à ne pas faire remonter des difficultés techniques ou conduire à des non-qualités. À l'inverse, j'observe qu'un planning réaliste et maîtrisé est un gage de sérénité et de qualité, tant pour les équipes que pour leur MPL. Augmenter les ressources est souvent mentionné comme la solution pour absorber l'augmentation significative de la charge de travail. Il me semble que des progrès devraient être recherchés, en priorité, dans l'amélioration de la maîtrise industrielle des activités et dans l'efficacité des organisations.

En 2019 comme les années précédentes, les MPL se plaignent d'une augmentation de la bureaucratie qui les éloigne de l'essentiel. Ils passent trop de temps dans des réunions multiples et insuffisamment préparées. Dans plusieurs unités, ils sont trop accaparés par les systèmes de management[24], les tâches administratives et de multiples reportings. Les outils RH, gestion, planning, etc. alourdissent encore leur travail au lieu de le faciliter (cf. mon rapport 2018).

Ils ont conscience qu'ils devraient, malgré leur charge croissante, consacrer plus de temps à leur équipe. On m'a présenté des expériences pour libérer deux heures dans l'emploi du temps quotidien de chaque manageur de la DPN ou pour améliorer les réunions (nombre, durée, efficacité) : j'en suivrai la progression.

## LE MPL ENGAGÉ ET PROCHE DE SON ÉQUIPE

### DES POINTS POSITIFS ET ENCOURAGEANTS

Dans les dernières enquêtes annuelles My-EDF, les salariés apprécient globalement l'appui que leur apporte leur manageur et ils lui font confiance. Le MPL porte généralement le sens, en particulier la priorité donnée à la sûreté.

L'organisation, la traçabilité et l'application d'exigences nombreuses requises par le nucléaire ne sont pas incompatibles avec un *empowerment* au sens anglo-saxon : responsabilisation, prise d'initiative, engagement des équipes. Dans plusieurs unités en France et au Royaume-Uni, on m'a présenté des expériences de management innovantes, à des degrés divers d'avancement : management visuel, *Lean management*, Opale.

Ces démarches favorisent l'expression des salariés et leur responsabilisation dans leur périmètre d'activité. Elles couvrent des domaines très variés : réunions quotidiennes, établissement du contrat d'équipe, traitement d'irritants, organisation du travail, nature des activités sous-traitées, etc.

Ces approches me semblent répondre à des attentes fortes du personnel, jeune et moins jeune. Elles présentent de nombreux effets positifs : confiance, écoute, solidarité. Elles sont favorables à

[24] *SMI (Système de management intégré) à la DPN.*

l'amélioration de la performance, en particulier de la sûreté et de la qualité.

J'encourage les managers à se lancer dans de telles expériences. Un plus grand appui des directions d'unité faciliterait le déploiement de ces démarches.

### DES ÉQUILIBRES À TROUVER

Le MPL, lorsqu'il a une longue expérience du métier pratiqué par son équipe, bénéficie d'une forte légitimité technique, mais peut rencontrer des difficultés pour adopter une posture de manageur dans une équipe dont il était jusque-là membre. C'est le cas dans les sites britanniques où de nombreux manageurs ont commencé leur carrière comme apprentis. Inversement, de jeunes ingénieurs, lorsqu'ils sont nommés MPL, peuvent éprouver des difficultés ou des réticences à s'investir dans les sujets techniques.

*Management visuel dans une équipe d'ingénierie*

Plus généralement, je mesure bien la difficulté du MPL à trouver un équilibre satisfaisant entre la partie technique et la partie managériale de son travail. Il me semble qu'il n'y a pas de réponse unique : les équilibres seront différents selon les équipes, leurs activités et le profil du manageur. J'invite toutefois à éviter les travers d'une approche dogmatique qui pourrait conduire un MPL à se désintéresser de la partie technique des activités ou, à l'inverse, à se substituer à ses collaborateurs.

Cette année encore, je constate que la présence des manageurs sur le terrain n'est pas suffisante, ni en temps ni en qualité. En 2019, l'Inspection nucléaire de la DPN note que, si cette présence augmente en volume, elle porte insuffisamment sur les enjeux réels (accompagnement, contrôle par exemple). C'est pourtant une condition incontournable pour améliorer la performance, notamment la sûreté, la qualité, la sécurité, et je renouvelle mes recommandations de progresser sur ce point.

Trouver le bon équilibre entre l'appui à ses collaborateurs et le contrôle de leurs activités n'est pas facile non plus. Le MPL doit déléguer à bon escient, conseiller et contrôler avec rigueur. Il doit aussi concilier des exigences de temps réel avec une prise de recul suffisante pour anticiper et préparer l'avenir.

J'invite les manageurs de proximité et leurs chefs de service à progresser encore dans la recherche de ces équilibres.

### UNE RESPONSABILISATION INDISPENSABLE

Les directions d'unités, souvent très tournées vers la conduite des opérations en temps réel (focus opérationnel), doivent aussi prendre en compte des enjeux de plus long terme de nature à faciliter le rôle des manageurs, notamment l'adéquation charge-ressources et compétences à moyen et à long termes ou l'amélioration de la surveillance des prestataires.

Le MPL est un acteur clé de la professionnalisation de son équipe et en est le plus souvent conscient. Je rencontre cependant encore des MPL qui ne s'impliquent pas suffisamment dans la formation ou l'accompagnement de leurs collaborateurs et qui se reposent entièrement sur les services de formation. Je m'intéresserai à ce sujet en 2020.

De nombreux MPL déplorent leur manque de leviers RH : reconnaissance, recrutement, mobilité sont des sujets souvent traités sans eux. Les directeurs d'unité doivent veiller à ce que les MPL disposent réellement des moyens leur permettant d'assumer cette part importante de leur rôle. Plus généralement, il me paraît indispensable que les MPL, aidés par leurs directions, saisissent toutes les opportunités de prise d'initiatives et de responsabilités pour jouer pleinement leur rôle et s'épanouir dans leur métier.

## LE MPL MOTEUR DU CHANGEMENT

Dans un contexte marqué par de nombreux changements d'organisation et de nouvelles méthodes de travail, la présence du MPL auprès de son équipe pour écouter, aider et motiver est essentielle. Il doit, en même temps, s'assurer que les fondamentaux de sûreté et de qualité sont respectés, tout en veillant à la performance opérationnelle. J'ai déjà évoqué le rôle essentiel des manageurs dans la réussite des transformations du Groupe. En 2019, des progrès ont été réalisés dans quelques domaines, mais ils me paraissent encore trop timides.

**La démarche Opale**

Les travaux de Frédéric Laloux (2014) identifient quatre grandes étapes dans l'évolution des organisations qui mènent à l'émergence d'un cinquième stade organisationnel. Chaque stade est identifié par une couleur et un paradigme : rouge, caractérisé par l'autorité d'un chef, puis ambre, puis orange, qui correspond à la majorité des entreprises en France et se concentre exclusivement sur les aspects objectifs, tangibles de l'organisation (structure, procédures, pratiques, comportement des employés), puis vert, jusqu'à opale qui correspond à une évolution profonde par rapport aux quatre stades précédents.
Le passage d'un paradigme (d'une couleur) à l'autre s'est accéléré et tous les paradigmes cohabitent aujourd'hui, chacun répondant à des situations et à des enjeux différents ainsi qu'à un niveau supplémentaire de complexité.
Une organisation Opale vise à confier aux équipes un vrai pouvoir d'initiative et de décision au service de l'engagement et de la performance. La démarche, établie sur le volontariat, implique des équipes opérationnelles soutenues par leur ligne managériale et épaulées par des relais. Elles adaptent les actions à leur contexte et construisent leur chemin à leur rythme.
Dans le Groupe, les premières expérimentations, lancées en 2017, ont conduit à plusieurs innovations managériales (reconnaissance, recrutement et développement des compétences, espaces et lieux de travail, organisation des activités, prise de décisions, etc.).

C'est, par exemple, le cas de la mise en œuvre des pratiques de fiabilisation des interventions (PFI) à la DPN. Pendant de nombreuses années, leur déploiement a été porté par des manageurs dont certains n'étaient pas convaincus de la nécessité de les mettre en œuvre systématiquement. Eux-mêmes ne les appliquaient d'ailleurs pas toujours et admettaient que leurs collaborateurs s'en dispensent parfois, sous la pression du planning. J'observe cependant, en 2019, des améliorations dans les CNPE où le sens de ces pratiques a été perçu. Par exemple, si les conditions de réussite de l'activité ne sont pas réunies, certains intervenants se déclarent « *non prêts* » lors du *pre-job briefing*. Ils y sont encouragés par leur manageur, même si cela a une incidence sur le planning des travaux. Plus généralement, j'apprécie que la DPN lance une réflexion pour clarifier les modalités d'application des PFI, en particulier les « PFI en mode réflexe » dont la logique n'est pas perçue par tous (cf. mon rapport 2018).

La mise en œuvre de la vigilance partagée en France (cf. chapitre 3) me semble rencontrer les mêmes difficultés que le déploiement des PFI. Cette démarche démarrée en 2015 peine à avancer, faute de perception du sens, d'un accompagnement managérial suffisant et d'une exemplarité à chaque niveau.

Dans l'ingénierie, le développement des plateaux projets multidisciplinaires se poursuit. Ils fonctionnent d'autant mieux que les acteurs en ont partagé le sens et ont contribué à la définition des organisations et modes de travail.

Des personnes sont parfois détachées dans une autre équipe. Elles ont ainsi un manageur dans leur entité d'origine et un autre dans l'entité de détachement. C'est le cas du personnel de la DPN détaché à mi-temps à la Force d'action rapide du nucléaire, FARN (cf. chapitre 7). C'est aussi le cas dans l'ingénierie où les manageurs de proximité d'Edvance, de la DIPDE et du CNEPE ne sont pas toujours les supérieurs hiérarchiques des membres de leur équipe. L'attitude des deux manageurs dans la réussite des détachements est importante : ils doivent s'organiser et harmoniser leurs pratiques, notamment en termes de reconnaissance et de parcours professionnels.

*Mise en œuvre des PFI, CNPE de Civaux*

Plus généralement, de nombreuses actions visant à améliorer la culture de l'engagement et de la performance sont lancées partout dans le Groupe. Pour leur réussite, il est indispensable que les MPL en comprennent les finalités, les partagent avec leurs équipes et les abordent comme des changements culturels et non comme des modifications de processus ou d'outils, ni comme une nouvelle série d'exigences à appliquer.

J'ai déjà évoqué les nombreux apports des démarches de management innovantes, qui commencent à être déployées. Malgré l'impulsion forte donnée par la tête de Groupe, je note la frilosité de certaines directions opérationnelles ou unités à s'engager dans de

telles démarches. Elles permettent pourtant au collectif de donner plus de sens à son travail et d'en améliorer *in fine* la qualité.

Comme tout le personnel, les manageurs exercent leur métier dans un environnement qui évolue : les attentes des nouvelles générations sont différentes, les exigences externes et internes augmentent et se complexifient, l'organisation et les méthodes de travail changent, la transformation numérique se développe, etc. Dans ce contexte, les MPL doivent s'adapter en permanence. Il importe donc qu'ils soient associés aux réflexions stratégiques de leur unité et bénéficient d'actions de professionnalisation adaptées comme je le recommandais dans mon rapport 2018.

*Pre-job briefing, centrale de Dungeness B*

## LA PROFESSIONNALISATION DU MPL

La plupart des MPL apprécient les formations qui leur sont proposées. Certains s'estiment néanmoins insuffisamment préparés à leur prise de poste. J'invite les directions des unités à anticiper davantage la détection des futurs manageurs, de sorte que ceux-ci disposent d'une formation de base préalable à leur prise de fonction.

J'observe aussi que de trop nombreux manageurs de proximité se trouvent livrés à eux-mêmes alors que des conseils leur permettraient de surmonter les difficultés et d'augmenter leur capacité à mobiliser leur équipe. Au-delà de la formation initiale, un accompagnement du MPL par son manageur me paraît indispensable pendant toute la durée de son poste. En complément, un accompagnement ciblé par un professionnel peut s'avérer utile.

**Les formations des MPL au leadership**

En France, le Pass MPL est une des formations de l'Université Groupe du Management. D'une durée de 7 jours répartis sur six mois, il est ouvert à tous les MPL ayant entre 6 et 18 mois d'expérience dans leur poste.
Au Royaume-Uni, le *Leadership Programme* d'EDF Energy, développé par la *Nuclear Leadership Academy,* vise à améliorer le leadership à tous les niveaux de management. Le premier niveau de ce programme, destiné aux *First Line Leaders,* se déroule en 6 jours répartis sur 3 mois. Les stagiaires sont aidés par un mentor.
Ces deux programmes visent à fournir des informations et des outils permettant aux MPL de :

- comprendre leur rôle et mieux se connaître,
- se familiariser avec l'environnement stratégique et les enjeux financiers du Groupe,
- manager chaque collaborateur.

Ils abordent les responsabilités et les comportements attendus d'un MPL, à travers notamment des études de cas et des partages de bonnes pratiques.
À l'issue de ces programmes, les stagiaires sont invités à bâtir leur propre plan de développement pour continuer à développer leur leadership.
Des formations complémentaires ciblées sont aussi organisées par les directions métiers ou les sites, telles les Académies métiers MPL de la DPN en France.

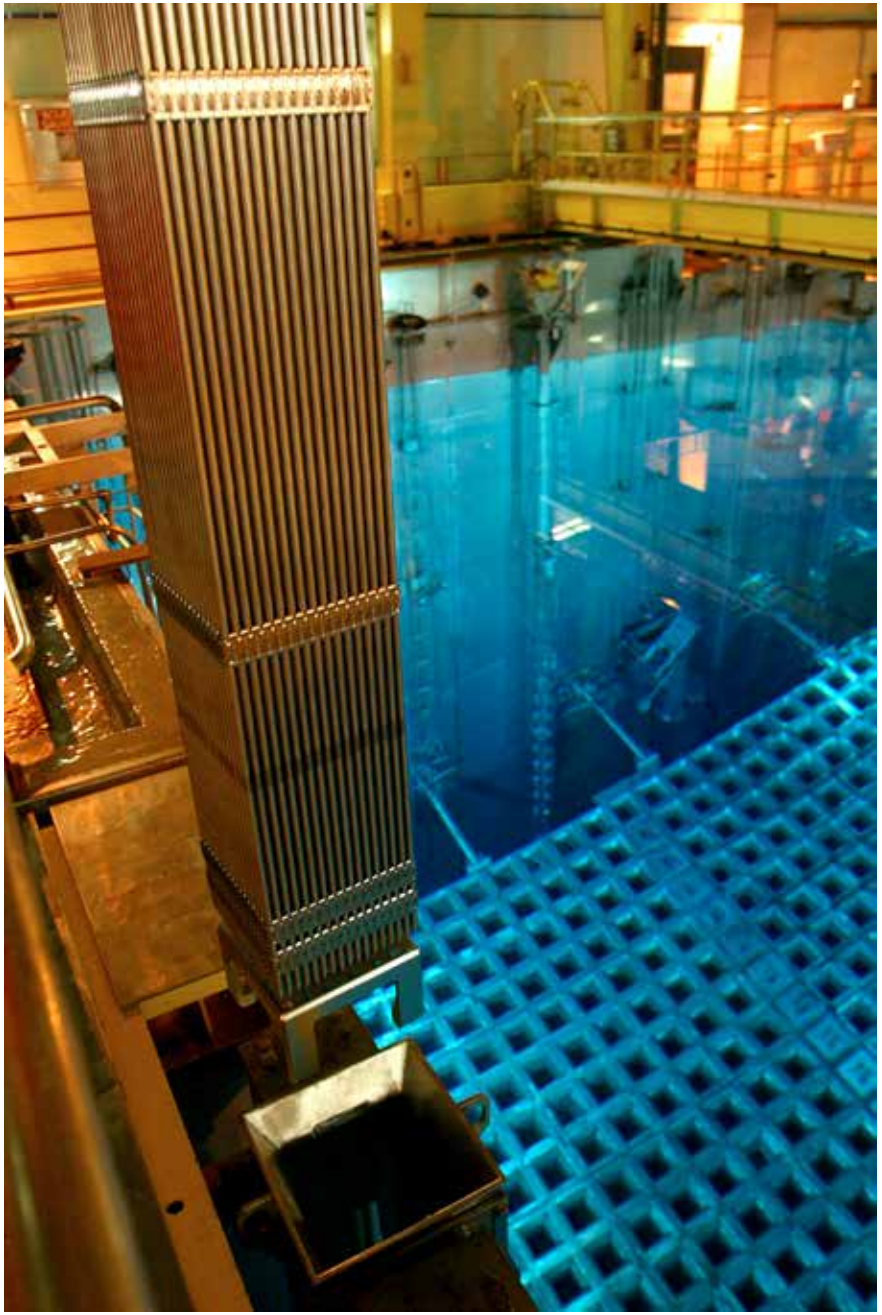
Dans les unités qui ont mis en place des moments d'échanges entre MPL, j'observe une plus grande cohésion managériale, moins de fonctionnement en silos et une plus forte solidarité entre équipes. C'est l'occasion de faire émerger des propositions d'amélioration du fonctionnement dans une approche *bottom-up*. Ces moments permettent aussi aux manageurs de s'ouvrir à d'autres, de partager leurs difficultés et leurs bonnes pratiques et de s'extraire de leurs préoccupations immédiates. En complément, des rencontres avec des manageurs d'autres industries à risques peuvent être une ouverture intéressante.

J'encourage vivement à généraliser de telles approches qui contribuent à l'amélioration des performances dans tous les domaines.

## MA RECOMMANDATION

Pour accompagner les changements, le MPL doit en avoir perçu les enjeux. Il doit être solidaire de toute la ligne managériale et suffisamment près de ses équipes sur le terrain. Je recommande aux directeurs de la DIPNN, de la DPNT et d'EDF Energy de :

- protéger les MPL de toute sollicitation qui les écarterait de leurs équipes et de leurs priorités,
- leur donner plus de responsabilités et de marges de manœuvre,
- poursuivre les actions de développement du leadership des manageurs en leur fournissant un appui personnalisé, notamment par leur propre manageur.



*Assemblage combustible neuf en bord de piscine de stockage de REP*

**Le combustible est l'objet essentiel de la sûreté nucléaire : maîtrise de la réactivité, évacuation de la puissance résiduelle, confinement des produits de fission.**

**Il est le siège de la réaction nucléaire ainsi que de la puissance résiduelle. Sa gaine forme la première barrière entre les produits de fission et l'environnement.**

**Le combustible contient une considérable réserve d'énergie : maîtriser la réactivité doit donc être à tout moment la priorité, depuis la fabrication du combustible jusqu'à la fin du cycle.**

# Le combustible et la réactivité : le cœur de la sûreté 05

## MAÎTRISER LA RÉACTIVITÉ : PRIORITÉ DE LA SÛRETÉ

Maîtriser la réaction de fission tient à la nature même du nucléaire, qui met en œuvre des énergies considérables. Sûreté et production d'énergie sont donc intimement liées.

Lors de mes visites, en France comme au Royaume-Uni, je n'ai pas repéré de manquements majeurs. Mais, dans ce domaine, on ne peut se contenter d'une performance convenable : l'excellence doit être recherchée, en permanence. Certains dysfonctionnements, peu nombreux certes, constituent des signaux faibles, comme l'absence de relevé de « l'inverse du taux de comptage[25] » lors de divergences ou comme des difficultés à maîtriser la réactivité à très basse puissance. Ces incidents rappellent que c'est au management, notamment aux directions des sites, d'incarner l'exigence de maîtrise de la réactivité et d'en contrôler la mise en œuvre.

En France, le nouveau référentiel des métiers de la conduite, avec la création d'un poste d'opérateur dit pilote de tranche, est l'occasion de renforcer l'appui aux opérateurs et le contrôle. Le document « Guide de maîtrise de la réactivité » constitue aussi une base solide.

**Chargement du combustible « en escargot »**

Le chargement des assemblages dans un réacteur se déroule selon un plan précis qui garantit en particulier la sous-criticité du cœur.

En 2000, à Dampierre, après une avarie et un ensemble d'erreurs organisationnelles et humaines, la séquence de chargement s'est trouvée décalée d'un assemblage. Du fait du mode de chargement, en ligne, ce décalage a entraîné l'accumulation d'assemblages neufs, les plus réactifs, sur un côté du cœur.

Les analyses ont montré que le cœur aurait pu, dans des conditions différentes, devenir critique de manière fortuite. Ce retour d'expérience a conduit à mettre en place un mode de chargement (en escargot) insensible à une erreur de ce type et à renforcer les dispositions matérielles et organisationnelles ainsi que la formation.

Concernant la formation, le risque de criticité et sa maîtrise pendant les opérations de chargement me paraissent bien enseignés, par exemple le rappel de l'incident de Dampierre en 2000. En matière de conduite, l'entraînement sur simulateur porte principalement sur les incidents et accidents ; divergences et fonctionnement à basse puissance devraient être davantage développés.

## LES COMPÉTENCES ET LA GOUVERNANCE

En matière de technologies de combustible, de physique du cœur, d'approvisionnement et de gestion des recharges, je rencontre en France des acteurs compétents, qui exercent leurs responsabilités. L'expertise globale est de haut niveau, le réseau fonctionne bien et l'animation des CNPE par le Groupe exploitation cœur-combustible (GECC) de l'UNIE est efficace. Dans les sites, les ingénieurs cœur-combustible (IECC), qui bénéficient d'un bon parcours initial, apportent une connaissance précieuse en physique du cœur.

Le vivier des compétences en neutronique est réduit : il convient de le gérer avec soin, chez EDF et chez Framatome, pour préparer l'avenir dans de bonnes conditions.

Le Directoire cœur-combustible (DCC) rassemble toutes les entités impliquées dans le combustible (approvisionnement, exploitation, ingénierie, R&D) pour arrêter les orientations, la stratégie et les principales décisions. Il exerce une gouvernance efficace.

Toutefois, la manutention du combustible ne bénéficie pas de la même structure ni du même engagement.

## LES REP

### DES PERFORMANCES SATISFAISANTES EN RÉACTEUR

En 2019, le taux de défaillance des assemblages des REP reste à un bon niveau.

En France, ce taux est de 0,11 % (0,13 % en 2018), soit 8 assemblages non étanches répartis dans 5 réacteurs. La principale cause de défaillance des crayons est la présence de corps migrants et la

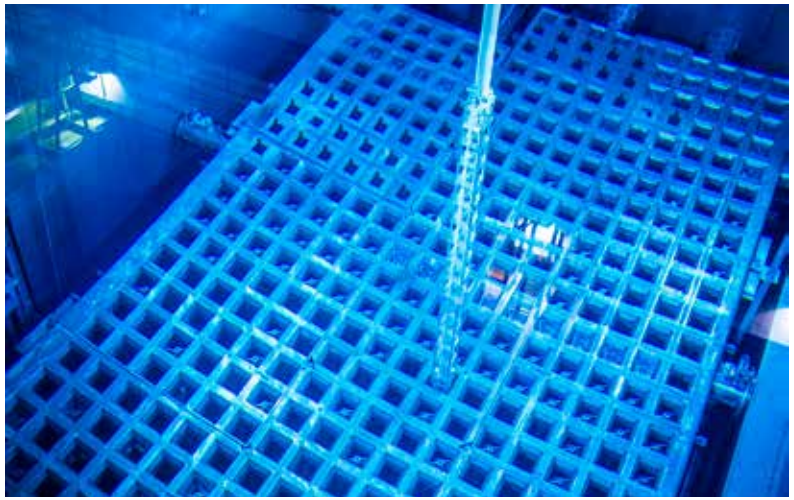
[25] *Mesure du flux neutronique. Lorsque l'on démarre le réacteur, tracer la courbe de l'inverse du taux de comptage permet de prévoir précisément le moment de la divergence.*

rupture de ressorts de grilles de certains produits qui, par corrosion sous contrainte, soit se détachent et forment des corps migrants soit restent partiellement en place, usent la gaine et la percent. Le métal des ressorts va bénéficier d'un traitement thermique préalable dont on prévoit qu'il le rende insensible à ce phénomène de corrosion sous contrainte.

Dans un réacteur, trois crayons ont été percés par de la corrosion provoquée par des dépôts qui se sont formés sur les assemblages. Ce phénomène, nouveau en France, est apparu en fin d'année 2019 ; il doit faire l'objet d'une analyse approfondie et de mesures correctives.

Vingt-trois assemblages n'ont pas été rechargés en 2019, en raison d'endommagements découverts lors de leur manutention (4 en 2018, 10 en 2017, 8 en 2016) : vingt-deux pour détérioration de la tête d'assemblage (trous S), un pour dégradation d'une grille. Il est nécessaire d'analyser les causes de cette augmentation importante et d'en tirer les leçons.

Au Royaume-Uni, le réacteur de Sizewell B n'a pas connu de ruptures de gaines depuis une dizaine d'années.



*Manutention d'un assemblage combustible dans la piscine, CNPE de Blayais*

## DES PRODUITS QUI PROGRESSENT

Les assemblages de combustible bénéficient de progrès réguliers. Les nouveaux alliages de zirconium de la gaine sont, suivant les produits, moins sensibles à l'oxydation, plus résistants à l'interaction pastille/gaine ou les deux. Pour la structure de l'assemblage, de récents alliages « quaternaires » en augmentent la rigidité et la résistance aux déformations.

Certains assemblages de combustible des paliers 1300 MWe et N4 sont, depuis longtemps, l'objet de déformations. Celles-ci peuvent ralentir, voire bloquer, la chute de grappes de commande. Les déformations sont donc évaluées et le temps de chute des grappes mesuré à chaque arrêt pour rechargement. Les alliages quaternaires se généralisent : on voit déjà les déformations des cœurs se corriger.

## DES SUJETS NEUTRONIQUES SENSIBLES

Ces déformations ont aussi un effet neutronique. En certains endroits la quantité d'eau (lames d'eau) entre les crayons de combustible est plus importante, donc la modération[26] des neutrons plus efficace : localement, le flux neutronique peut être plus élevé. Il est appréciable que ce phénomène complexe soit désormais intégré aux études d'accidents. Il a fallu pour cela du temps et les demandes de l'IRSN.

Une remontée du flux neutronique en extrémité de crayons a été mise en évidence ces dernières années : l'eau en plus grande quantité y modère et réfléchit davantage les neutrons et une cale en zircalloy en amoindrit l'absorption. Ce phénomène, qui ne concerne que les pastilles d'extrémités de chaque crayon, avait été sous-estimé. De plus, dans les assemblages MOX (oxydes mixtes d'uranium et de plutonium), il est accentué par des particules plutonifères dans les pastilles qui, si elles sont de taille supérieure au critère, peuvent créer des points chauds. Des mesures compensatoires ont été prises dans les réacteurs et une modification des futurs crayons est prévue (cale en acier avec un bouchon en hafnium pour absorber les neutrons en bas de colonne fissile).

## UNE DIFFICULTÉ D'APPROVISIONNEMENT EN COMBUSTIBLE MOX

Les approvisionnements en MOX ont été, en 2019 encore, perturbés par des difficultés industrielles de l'usine Melox. Certaines recharges de MOX attendues ont dû être remplacées par des recharges d'oxyde d'uranium.

## UN REMARQUABLE TRAVAIL SUR LES CRITÈRES

En France, EDF a mené, pendant plusieurs années, un important travail scientifique pour réexaminer les critères de tenue du combustible en situation incidentelle ou accidentelle. Ces critères trouvaient leur origine dans les années 1970, le plus souvent aux États-Unis. Ils définissent les grandeurs à ne pas dépasser pour respecter les objectifs de sûreté et sont vérifiés par les études d'accident.

[26] *Ralentissement des neutrons par un corps modérateur, ici l'eau, qui favorise la réaction nucléaire.*

Ces travaux de réexamen se sont conclus par une réunion du Groupe permanent réacteurs en juin 2017, marquée par un excellent dialogue technique entre EDF et l'IRSN. À la suite de cet exercice, certains critères ont été confortés et d'autres modifiés. Des travaux complémentaires sont poursuivis.

Une des vertus de l'exercice est d'avoir ré-explicité et partagé entre tous les acteurs, en particulier les plus jeunes, les raisons physiques et le sens des critères de sûreté. Il montre aussi l'importance de toujours approfondir les connaissances en physique et de conserver des marges suffisantes (cf. chapitre 8).

### PRÉPARER L'AVENIR AVEC VIGUEUR ET INNOVATION

Valider de nouveaux produits, réexaminer périodiquement les justifications de sûreté, gagner des marges physiques imposent une R&D dynamique en physique des combustibles (cf. chapitre 8).

J'apprécie le développement du projet Odyssée visant à modéliser de manière plus précise la physique du cœur. Il faut continuer à lui assurer le niveau adéquat de ressources et de pilotage.

**Odyssée**

Odyssée est le projet de nouvelle chaîne de calcul des cœurs, commune à EDF et à Framatome. Elle couvrira les besoins du chaudiériste, de l'ingénierie d'EDF et de l'exploitant (calcul des recharges). On pourra, par exemple, modéliser plus précisément des phénomènes comme les lames d'eau, l'éjection de grappe, l'injection dans le cœur d'un bouchon d'eau non borée, etc. Soixante-dix ingénieurs contribuent à ce projet. La validation du code en sera un volet important. L'objectif est de disposer d'une première version opérationnelle en 2023.

## LES AGR : FUEL ROUTE ET DÉPÔTS DE CARBONE

Le combustible des réacteurs AGR est d'un haut de niveau de technicité. La nouvelle génération de combustible AGR *robust fuel*, en service depuis 2011, représente 80 % des assemblages en cœur. Les bénéfices constatés sont la baisse du taux de défaillance de gaines et une meilleure performance (utilisation de l'uranium, puissance).

Des dépôts de carbone, principale cause de rupture de gaines, ont affecté tous les réacteurs, à des degrés variés. Ces dépôts réduisent la conduction thermique de la gaine, qui s'échauffe et se fragilise. Ils peuvent nécessiter de réduire la puissance. Le carbone provient de la décomposition, sous irradiation, du méthane injecté dans le gaz caloporteur pour protéger le graphite du cœur. Plusieurs paramètres jouent sur ce phénomène, délicat à maîtriser.

*Montage d'un assemblage combustible, usine Westinghouse de Springfield*

En 2019, 5 cartouches présentent des défauts d'étanchéité (5 en 2018, 8 en 2017 et 20 en 2016) et affectent le même réacteur. Celui-ci fait l'objet d'une attention soutenue et des mesures correctives sont mises en œuvre (ajustement de la chimie du gaz caloporteur CO2, inspections par endoscope, injection d'oxygène pour éliminer le carbone déposé).

## FIABILISER LE MATÉRIEL DE MANUTENTION

Lors de la manutention du combustible, seule la gaine isole les intervenants des matières radioactives. En France, l'année 2019 a vu l'accrochage d'un assemblage aux internes supérieurs.

**Incident lors du déchargement d'un réacteur**

En 2019, lors de la levée des internes supérieurs du cœur d'un réacteur REP en France, un assemblage combustible y est resté accroché. Cet accrochage provient d'une déformation de la tête d'assemblage, non traitée à l'arrêt précédent. Deux incidents de ce type avaient eu lieu dans le même site, en 2008 et 2009.
La détection de l'accrochage, l'évacuation du bâtiment réacteur et le traitement de l'incident ont été effectués selon les procédures prévues.
L'Inspection nucléaire de la DPN a relevé une accoutumance à une qualité d'image vidéo dégradée lors de l'inspection des assemblages, une prise en compte insuffisante du REX et un défaut de contrôle.

Dans les services de manutention du combustible, je rencontre le plus souvent des professionnels expérimentés et engagés. L'implication des IECC dans la manutention, inégale suivant les sites, est à renforcer.

Le matériel connaît des problèmes récurrents de fiabilité et d'obsolescence (machine de chargement, supervision, pont lourd du bâtiment du combustible, etc.) et fonctionne trop souvent en mode dégradé, porte d'entrée d'incidents plus sérieux. Dans les sites, les services de maintenance et ceux du combustible sont trop isolés l'un de l'autre. En outre, ce domaine semble parfois orphelin dans les services centraux et l'ingénierie. Les demandes de mise à niveau formulées par les sites et GECC ne sont pas suivies d'effet. Ce domaine demande donc une action et un pilotage plus vigoureux.

Je m'étonne aussi que la modification post-Fukushima, déployée depuis 2017 pour affaler manuellement un assemblage en cours de manutention en cas de perte totale des alimentations électriques, ne soit toujours pas totalement déployée dans le parc (requalification des matériels en conditions représentatives, programme de maintenance, entraînement des opérateurs).

Le rapport de sûreté exclut certains types de chutes de charge. Cela requiert des exigences particulières de conception, de fabrication et d'exploitation. Étant donné les enjeux, au-delà de la stricte application de la réglementation relative aux engins de levage, je recommande de réexaminer régulièrement les conditions et moyens de garantir le respect de ces exigences.

Au Royaume-Uni, la *fuel route* regroupe les moyens de gestion du combustible des AGR : stockage, assemblage, démantèlement des cartouches, manutention, chargement et déchargement. D'une grande complexité, elle est particulièrement sensible aux défaillances de matériel. Dans les sites, les services de la *fuel route* sont souvent isolés, en particulier de la maintenance et de la planification des activités. Son indice de fiabilité (indice composite intégrant le comportement des matériels, l'encombrement des stockages, etc.) est faible : 72,7% pour un objectif de 90%. J'invite donc à renforcer les efforts de fiabilisation de la *fuel route*.

## LE MULTIRECYCLAGE EN REP

Tout en réaffirmant la stratégie de fermeture du cycle de combustible, il vient d'être décidé d'arrêter le projet de prototype de réacteur à neutrons rapides (RNR) de nouvelle génération Astrid et d'étudier le multirecyclage du MOX en REP (cf. chapitre Mon regard).

*Assemblage combustible REP - Framatome*

Cette décision marque un tournant dans la stratégie du cycle du combustible et d'utilisation des ressources naturelles et des matières fissiles. Un important programme de R&D sera nécessaire pour examiner la faisabilité et tous les tenants et aboutissants de cette option.

### Multirecyclage et vecteur isotopique du plutonium

La complexité du multirecyclage en REP tient au vecteur isotopique du plutonium, qui évolue avec l'irradiation donc avec le nombre de recyclages. Ce vecteur désigne la proportion des différents isotopes[27] contenus dans le plutonium. Au fur et à mesure de l'irradiation, la proportion des isotopes élevés et des isotopes pairs croît[28], or ceux-ci sont moins propices à des réactions de fission en REP (ils y sont même des poisons neutroniques). Avec le temps, ce plutonium est donc de moins en moins apte à produire de l'énergie en REP.
La situation est différente en RNR : tous les isotopes y fissionnent, si bien que tout le plutonium peut être consommé. Les déchets, dont les actinides, sont donc produits en moindre quantité.

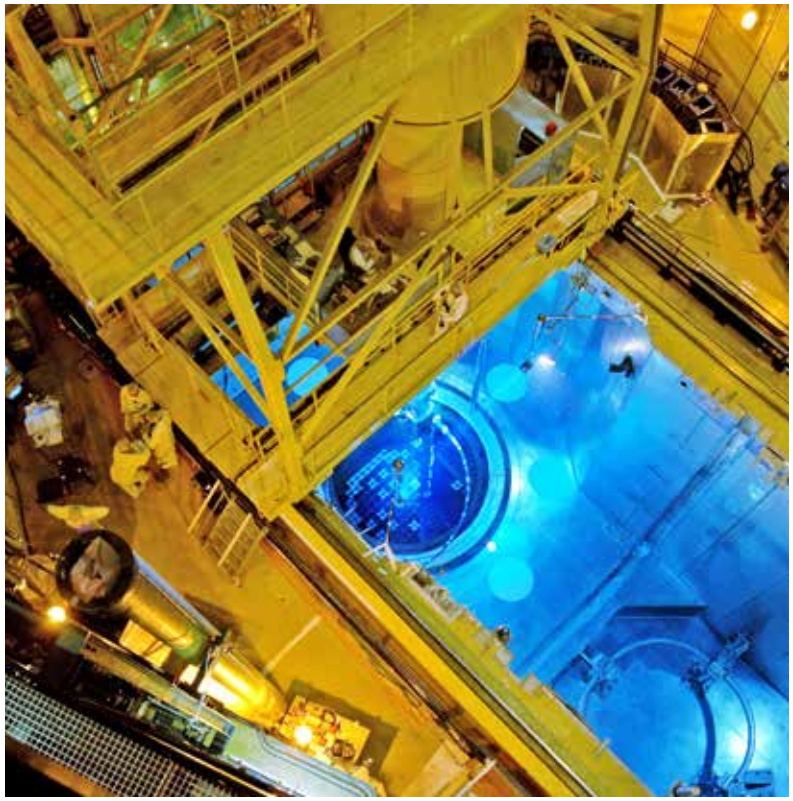
[27] *Chacun des différents types d'atomes d'un même élément, différant par leur nombre de neutrons mais ayant le même nombre de protons et d'électrons.*
[28] *Par absorptions successives de neutrons, l'U238 donne du Pu239, puis se forment du Pu240, 241 (qui donne de l'américium) et 242 (qui donne du curium).*

Les domaines en jeu sont la sûreté des REP chargés avec des combustibles issus de MOX irradiés, le recyclage du combustible usé, la fabrication de combustible, la radioprotection, les déchets ultimes et leur traitement.

De toutes les façons, pour le long terme, comme rappelé par la programmation pluriannuelle de l'énergie, il convient de maintenir les compétences en RNR. Les moyens sont à définir ; en particulier, cela suppose des projets concrets en complément des études théoriques.

**Le comportement du combustible en situation accidentelle**

Les transitoires du dimensionnement sont classés en 4 catégories : fonctionnement normal (cat 1), incidents (cat 2), accidents peu probables (cat 3) et hypothétiques (cat 4). Des objectifs de sûreté sont affectés à chaque catégorie : pas de rupture de gaines en cat 2, pas de fusion de pastilles de combustible en cat 3, moins de 10% de ruptures de gaines et maintien d'une géométrie refroidissable en cat 4, etc. Ils sont assortis de valeurs des rejets radioactifs maximales tolérées.
Les phénomènes physiques accompagnant ces transitoires sont caractérisés par des critères techniques : énergie dégagée dans la pastille, puissance linéique, température de la gaine et de la pastille, taux d'oxydation, taux de déformation de la gaine, etc. Les études d'accident doivent montrer qu'ils demeurent dans une plage définie, ce qui assure le respect des objectifs de sûreté.



*Machine de chargement en opération, CNPE de Cattenom*

## MES RECOMMANDATIONS

**La nature même de la fission nucléaire impose que la maîtrise de la réactivité demeure, en permanence et à tout niveau, la priorité. Je recommande aux directeurs de la DPN et d'EDF Energy *Nuclear Generation* de s'assurer que les directions des sites renforcent le contrôle interne de la maîtrise de la réactivité dans chaque métier impliqué ainsi que l'entraînement des opérateurs aux divergences et à la conduite à basse puissance.**

**Je recommande aussi au directeur de la DPNT de :**

- **renforcer la fiabilité, la maintenance et la gestion des obsolescences des matériels de manutention du combustible,**
- **réexaminer les conditions et les moyens de garantir dans la durée les exclusions de chute de charge intégrées dans le rapport de sûreté.**

*Crue de la Loire en 2003, CNPE de Belleville*

**Les agressions naturelles sont susceptibles d'affecter fondamentalement la sûreté d'une installation nucléaire.**

**De nombreux événements dans le monde ont conduit, au fil du temps, à une meilleure prise en compte du risque.**

**Multiples, complexes, évolutifs avec le changement climatique, les phénomènes naturels sont difficiles à appréhender et doivent faire l'objet de réévaluations régulières.**

# La maîtrise du risque d'agressions naturelles : poursuivre l'effort

06

Les agressions naturelles couvrent des domaines très variés : séismes, foudre et interférences électromagnétiques, conditions météorologiques extrêmes, inondations, etc.

L'inondation du site du Blayais en 1999 et l'arrivée massive de végétaux obstruant la prise d'eau d'un réacteur de Cruas en 2009, illustrent les effets que peuvent avoir les phénomènes naturels sur des installations nucléaires.

Les études probabilistes de sûreté réalisées dans le cadre de la 4e visite décennale du palier 900 MWe confirment le poids significatif de ces agressions dans le risque de fusion du cœur.

Par ailleurs, c'est une inondation (tsunami) qui a provoqué l'accident de Fukushima.

Dans ce chapitre, j'ai choisi d'évoquer l'inondation externe et les agressions de la source froide (qui comprend par extension, les installations de prise d'eau des stations de pompage). Mes observations et préconisations sont le plus souvent extrapolables aux autres agressions.

## UNE COMPLEXITÉ INTRINSÈQUE…

L'appréciation des phénomènes, leur modélisation et l'estimation du risque lié aux agressions évoluent avec les progrès scientifiques.

De nombreuses agressions ont des causes d'origine climatique et certains risques augmentent en raison du réchauffement. Des phénomènes peuvent aussi se produire de façon brutale : frasil[29] ou rupture de barrage par exemple.

Les dispositions de conception et d'exploitation pour en maîtriser les conséquences doivent donc être régulièrement réévaluées. Les ouvrages de protection de certains sites contre l'inondation vont, par exemple, être rehaussés de nouveau.

En parallèle, les réglementations évoluent. En France, le guide n°13 de l'ASN, diffusé en 2013, identifie les risques en matière d'inondation externe. Il définit des méthodes pour les quantifier et des recommandations pour définir des moyens de protection. Il a pris en compte le changement climatique lorsque l'état des connaissances le permettait et demande d'intégrer ces évolutions à chaque réexamen de sûreté.

Enfin concernant la source froide, de multiples agressions doivent être prises en compte : les plus basses eaux, la prise en glace, l'envasement et l'ensablement, le frasil, les hydrocarbures et l'arrivée massive de colmatants. Parmi ces derniers, en plus des risques historiquement étudiés (algues, méduses, poissons, coquillages, etc.), les micro-organismes susceptibles de colmater les prises d'eau ou les échangeurs sont dorénavant pris en compte.

**Les situations de référence des inondations externes (SRI)**

Selon le guide n°13 de l'ASN, elles sont définies à partir d'un événement ou d'une conjonction d'événements, dont les caractéristiques sont majorées pour compenser les limites des connaissances.
Dans tous les sites, 5 SRI sont considérées : pluies locales, crue sur un petit bassin versant, dégradation ou rupture d'ouvrages, intumescence[30] et remontée de la nappe phréatique.
Des SRI supplémentaires spécifiques sont prises en compte selon la géographie :

- sites fluviaux : crue sur un grand bassin versant, rupture d'un ouvrage de retenue, clapot,
- sites en bord de mer : niveau marin, vagues, seiche[31].

[29] *Phénomène de formation soudaine de cristaux de glace qui, sous certaines conditions de température de l'eau et de l'air, peuvent constituer des plaques de glace en surface ou adhérer à tout élément présent dans l'eau.*
[30] *Onde de déformation de la surface libre de l'eau dans un canal, induite par une variation brutale de la vitesse de l'écoulement.*
[31] *Onde stationnaire qui peut se manifester dans des plans d'eau fermés ou semi-fermés tels un port, un bassin, un lac ou une baie.*

## … IMPLIQUANT DE MULTIPLES ACTEURS

### UNE ORGANISATION COMPLEXE DE L'INGÉNIERIE EN FRANCE

Dans chaque entité d'ingénierie, les études sont organisées par agression : des responsables sont désignés et leurs compétences progressent ; les processus d'études sont opérationnels, avec toutefois de nombreuses interfaces entre les acteurs.

Je me réjouis que l'animation du réseau des responsables d'agressions ait été relancée par la Direction technique de la DIPNN et qu'un Comité technique Inondation externe ait été créé en 2018.

Ce dernier, présidé par la direction technique du programme Grand carénage, vise à fédérer les approches entre les projets, détenteurs des budgets.

*Maquette du chenal d'amenée de Flamanville au LNHE*[32]

Je ne dénombre pas moins d'une dizaine d'entités intervenant dans les domaines de l'inondation externe et des agressions de la source froide. Par exemple, si l'on considère les agressions de la source froide, la Direction technique de la DIPNN établit des référentiels, le CNEPE (Centre national d'équipement de production d'électricité) réalise ou surveille les études en application de ces référentiels, les conclusions des études sont chalengées par la Design Authority du parc en exploitation sous l'angle sûreté et par les projets sous l'angle coûts/délais. Le CIH, la DTG[33] et la R&D d'EDF sont en appui dans leurs domaines d'expertise respectifs et mènent des études spécifiques dont certaines sont des activités intéressant la protection des intérêts. Les services de météorologie nationale sont aussi sollicités. Les directoires des projets ainsi que des instances associant la DIPNN et la DPNT, tels le Comité des référentiels techniques ou le Directoire des réexamens de sûreté, prennent les décisions.

Cette multiplicité d'acteurs dépendant de plusieurs directions peut s'expliquer par la spécificité des compétences et le niveau d'expertise requis. J'attire toutefois l'attention sur cette parcellisation des tâches, qui engendre de la complexité. Il peut en résulter une déresponsabilisation individuelle (cf. chapitre 2) ainsi qu'une augmentation de la viscosité organisationnelle (cf. mon rapport 2018) due aux temps de transfert des informations entre entités et à l'absence d'une vision globale.

Il me semble qu'il manque une responsabilité d'ensemble de chaque agression, sous l'angle technique et sûreté. Plus globalement, il serait utile de disposer d'un pilotage transversal à tous les projets et entités concernés par les agressions, des études prospectives jusqu'aux actions dans les sites.

**IGUASOU pour la performance de la source froide**

Le projet Innover pour Garantir la sÛreté et la performAnce de la SOUrce froide est piloté par la R&D d'EDF pour le compte du CNEPE, de la Direction technique de la DIPNN et de la DPN.
Il vise à approfondir les connaissances de phénomènes physiques et à poursuivre le développement d'outils numériques dans des domaines variés :

- surveillance du milieu (caractérisation des macrophytes, visualisation des bancs d'alevins par caméra acoustique, détection des algues par imagerie hyperspectrale),
- dynamique du chenal d'amenée (ensablement/envasement et optimisation des dragages),
- modélisation du colmatage des filtres de la station de pompage pour le parc et l'EPR 2,
- maquette physique de la station de pompage EPR 2, modélisant les risques de vortex, de colmatage et de sédimentation,
- frasil et sa modélisation.

[32] *Laboratoire national d'hydraulique et environnement, R&D d'EDF.*
[33] *Centre d'ingénierie hydraulique et Division technique générale, entités d'EDF Hydro.*

### DES EXPERTS À MIEUX ASSOCIER

La complexité des phénomènes nécessite des compétences pointues, variées et complémentaires. Les experts jouent un rôle essentiel. En particulier, les travaux de la R&D d'EDF sont déterminants dans le développement de méthodes et d'outils de modélisation (cf. chapitre 8). J'encourage les entités d'ingénierie à s'approprier sans tarder les nouveaux outils développés à leur intention.

*Installations destinées à éviter la formation de frasil*

Pour les études d'inondation externe, de nouvelles méthodes de modélisation sont développées. Elles permettent parfois de restaurer des marges mais peuvent aussi conduire à des résultats plus pénalisants que ceux des modèles précédents. Pour estimer les crues extrêmes par exemple, la méthode SCHADEX[34], employée depuis plus de dix ans sur les petits bassins versants, pourrait être étendue à certains grands bassins.

J'encourage les responsables (chefs de projet, directeurs d'entités d'ingénierie, etc.) à davantage solliciter les experts pour vérifier que les niveaux des crues de référence ne sont pas remis en cause par de nouveaux modèles et connaissances et pour mieux anticiper les évolutions.

Plus généralement, j'observe que les entités d'expertise sont positionnées comme fournisseurs d'études de qualité, dans le strict respect des questions posées par des clients. Ces derniers, entités d'ingénierie ou projets, cherchent le plus souvent à répondre, dans des délais contraints, à des questions des autorités de sûreté et à justifier les dossiers de réexamens de sûreté. Ils ne sont pas en mesure de challenger les aspects méthodologiques ni les hypothèses en amont des études. Ils ne sollicitent pas toujours les experts en préalable aux prises de décision afin de recueillir leur appréciation des risques et des évolutions sur le long terme (cf. chapitre 2).

### L'INGÉNIERIE AU ROYAUME-UNI

Comme en France, la liste des agressions a été complétée depuis la construction des réacteurs.

Les études de sûreté sont réalisées en quasi-totalité par l'ingénierie centrale d'EDF Energy qui intervient aussi en appui des sites. Il est regrettable que sa charge de travail sur d'autres dossiers sensibles entraîne parfois des reports de modifications.

Les ingénieurs sont formés et ils sont évalués à l'aide de guides d'évaluation des compétences et de la performance individuelle.

La *Design Authority* contrôle de manière indépendante l'ensemble des études de sûreté. Ses équipes évaluent aussi les sites au regard de la maîtrise des agressions et elles émettent des recommandations, chacune pour le ou les sites dont elle est chargée. J'encourage à mener cette approche de façon transversale à l'ensemble du parc.

La *Design Authority* préside aussi le *Hazard Governance Review Board* (*HGRB*) qui réunit les experts d'EDF Energy. Il examine régulièrement comment sont prises en compte les agressions dans le parc, incluant la formation et la qualification des acteurs. Les menaces principales font l'objet d'échanges réguliers avec l'autorité de sûreté (ONR).

Dans la perspective de la prolongation d'exploitation des réacteurs, j'invite les responsables d'agressions d'EDF Energy et d'EDF SA à se rapprocher pour échanger leur expérience sur la maîtrise des risques, l'évolution des hypothèses, les méthodes de modélisation.

## DES ÉTUDES TECHNIQUES COMPLEXES

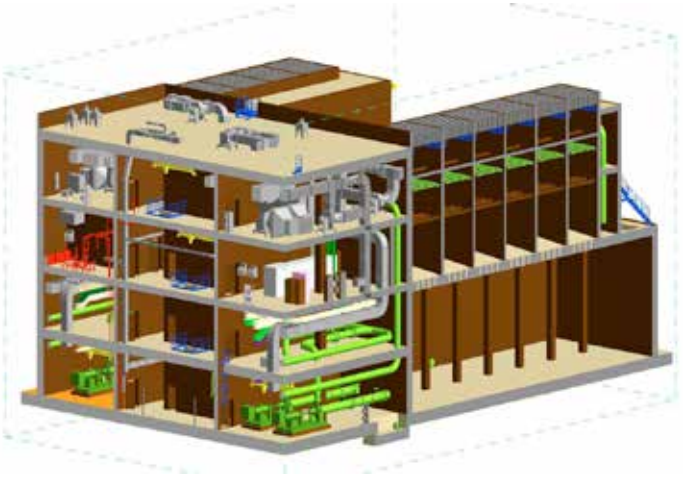
La complexité et l'évolutivité des phénomènes en jeu nécessitent de prendre des marges, qui sont réexaminées périodiquement. Je constate que, quelques années après avoir surélevé une digue, on va

[34] *Simulation Climato-Hydrologique pour l'Appréciation des Débits EXtrêmes.*

la rehausser de nouveau. Je suis surpris de voir construire aujourd'hui dans plusieurs sites des murets de 15 à 20 cm de hauteur, pour répondre à un scénario particulier d'inondation : avec une hauteur plus importante, on éviterait certainement des reprises coûteuses (études et travaux) lors des prochains réexamens.

Pour les agressions de la source froide, le CNEPE tire profit de son double rôle dans le parc en exploitation et le nouveau nucléaire. Sa vision multiprojet lui donne une forte crédibilité technique. Il entretient des relations de confiance avec l'ASN, ce qui facilite une instruction sereine.

Des avancées significatives de sûreté sont attendues à l'issue de la VD4 du palier 900 MWe. La robustesse des installations progresse. Je note cependant une surcharge des équipes en raison du nombre de dossiers simultanés, liés en particulier aux questions de l'ASN ou de l'IRSN. Certaines questions font suite à des défauts dans les études de l'ingénierie. D'autres montrent l'absence d'accord initial des protagonistes sur le périmètre d'instruction. Une telle situation empêche de prioriser et de traiter, comme il se devrait, les points les plus importants (cf. chapitre 2).



*Bâtiment de la source froide diversifiée EPR 2*

Pour le nouveau nucléaire, les exigences augmentent naturellement par rapport à celles des projets antérieurs. La prise en compte d'agressions plus sévères dès la conception devrait permettre d'éviter des modifications ultérieures. Concernant l'EPR 2, on m'a présenté le design des stations de pompage et son évolution par rapport à celui des EPR précédents. L'approche, qui vise à réduire les coûts et à faciliter la construction, intègre des analyses de sûreté.

## LA PRISE EN COMPTE DES AGRESSIONS DANS LES SITES

### EN FRANCE

Avec une même finalité de maîtrise des risques, les CNPE doivent assurer la conformité des installations aux exigences en vigueur, intégrer les modifications et prendre en compte les nouveaux référentiels issus des réexamens de sûreté. Le domaine des agressions, rattaché au processus sûreté, relève le plus souvent du chef de mission sûreté qualité. Cela lui confère des responsabilités opérationnelles qui pourraient nuire à son rôle dans la filière indépendante de sûreté.

J'apprécie la création récente du domaine Agression par l'UNIE et son animation des correspondants des sites, favorisant ainsi une approche transversale. J'encourage la DPN à renforcer le pilotage du domaine.

Les moyens pour répondre aux agressions font l'objet de règles caractéristiques, regroupées dans les RASA (Règles d'application des spécifications agressions). Elles constitueront le futur chapitre II des Règles générales d'exploitation (RGE), comme c'est déjà le cas pour l'EPR. L'exploitant doit se les approprier. Pour chaque agression, elles fournissent les hypothèses structurantes des études de sûreté, la liste des équipements et dispositions agressions (EDA) et leurs critères d'exploitation et de maintenance. Cette formalisation, qui a demandé un travail important, me paraît source de meilleure maîtrise des agressions. En complément, l'Unité de proFessionnalisation pour la Performance Industrielle (UFPI) élabore des formations et des documents pédagogiques pour chaque agression.

**Les équipements et les dispositions agressions (EDA)**

Ce sont les équipements actifs nécessaires à la sûreté en cas d'agression ainsi que les équipements dont la mise en place est requise en cas d'agression avérée ou imminente. Il s'agit par exemple, pour le domaine grand froid, de réchauffeurs et de capteurs de température ou, pour le domaine inondation, de batardeaux relevables.
Des essais périodiques de ces matériels sont prévus (chapitre IX des RGE) ainsi qu'une conduite à tenir et un délai de remise en état en cas d'avarie (généralement sous un mois, sauf si une conduite spécifique est définie).

J'observe souvent que les ingénieurs chargés des agressions dans les sites n'y consacrent que 5 à 10 % de leur temps alors que, selon eux-mêmes et la DPN, 30 à 50 % seraient un niveau minimum. De plus, leur formation aux agressions est à renforcer. Il convient de remédier à cette situation.

Au sujet du contrôle indépendant, j'incite les ingénieurs sûreté à s'impliquer davantage dans l'évaluation de la maîtrise des agressions, dont la connaissance des référentiels, la conformité des installations et les compétences.

J'observe de fortes différences de maturité entre les CNPE dans la requalification ou l'entretien des équipements nécessaires en cas d'agression : par exemple, dans un site, un barrage flottant destiné à protéger la source froide en cas d'arrivée d'hydrocarbures est en attente de test depuis trois ans à la suite d'un litige contractuel ; dans un autre site, la maintenance de certaines protections rapprochées contre l'inondation, installées depuis plusieurs années, a tout juste commencé en 2019 alors qu'ailleurs les programmes de maintenance sont en place.

En raison du rôle important des EDA dans la maîtrise du risque, j'invite à améliorer la gestion de leurs pièces de rechange.

Les agressions peu fréquentes ou liées à des phénomènes complexes sont difficilement appréhendées par les équipes. C'est le cas du frasil, dont le risque pour la source froide est pourtant avéré dans plusieurs CNPE. J'invite ces derniers à intégrer sans tarder les modifications associées.

### AU ROYAUME-UNI

Le personnel des sites a globalement conscience des risques liés aux agressions, sans pour autant adopter systématiquement les comportements adéquats. Ainsi, le stockage et la maintenance des protections contre les inondations ou le repérage des matériels sont perfectibles.

Je déplore que les équipes ne reçoivent pas de formation dédiée et s'appuient complètement sur les équipes d'ingénierie du niveau central.

J'encourage le développement des visites croisées, ciblées, associant service central et site : elles développent une appréhension commune des risques dans chaque zone de l'installation et devraient contribuer à développer la culture agression des sites.

Concernant les inondations externes, des murs périphériques ont été construits autour de certains sites. Des améliorations sont identifiées pour augmenter la résilience de plusieurs de ces structures vieillissantes. Ces actions doivent être menées à leur terme.

Au sujet des agressions de la source froide, EDF Energy *Nuclear Generation* dispose d'un retour d'expérience significatif. A la suite d'arrivées massives d'algues, poissons, méduses ou coquillages, plusieurs réacteurs ont dû être arrêtés.

Les procédures ont été adaptées pour mieux prévenir les risques et des parades sont en cours d'étude et de déploiement.

## MES RECOMMANDATIONS

**Assurer la protection des sites contre les agressions nécessite de maîtriser des phénomènes physiques complexes et d'appliquer les référentiels d'exigences associés. Je recommande aux directeurs de la DIPNN, de la DPNT et d'EDF Energy de :**

- **s'assurer que les ressources affectées au domaine Agressions sont suffisantes, en nombre et en compétences, dans l'ingénierie comme dans les sites,**
- **renforcer le contrôle par les filières indépendantes de sûreté, dans chaque entité.**

**Compte tenu de la complexité des phénomènes naturels, de leurs conséquences potentielles sur la sûreté et du nombre d'entités et d'interfaces, je recommande aux directeurs de la DIPNN et de la DPNT de :**

- **renforcer le pilotage des agressions, de façon transversale à tous les projets et entités, notamment en désignant un responsable d'ensemble par agression, sous les angles technique et sûreté,**
- **s'assurer que les experts s'expriment, sont interrogés et sont entendus.**

*Exercice d'entrainement de la FARN*

**Les organisations, procédures et moyens mis en œuvre pour maîtriser un accident nucléaire et en limiter les conséquences ont significativement évolué depuis dix ans.**

**De nouveaux équipements renforçant la défense en profondeur sont opérationnels ou en cours de mise en place. Les capacités de la FARN[1], pour le parc français, et les moyens (DBUE[2]), pour le parc britannique, visent à répondre aux situations extrêmes.**

**L'engagement du management ainsi que la formation et les entraînements réguliers de tous les acteurs, en lien avec les pouvoirs publics, conditionnent l'efficacité du dispositif et sa crédibilité.**

1 *Force d'action rapide du nucléaire.*
2 *Deployable Back-Up Equipment.*

# L'organisation de crise : une décennie d'améliorations 07

## SE PRÉPARER À UNE CRISE

La gestion de crise est l'ensemble des organisations, des techniques et des moyens pour faire face à un accident et en tirer des enseignements. Situation inhabituelle, la crise demande une gouvernance particulière en réponse aux exigences de mobilisation rapide, de commandement et de communication.

Elle nécessite une solide préparation pour garantir la disponibilité à tout moment de personnels formés et qualifiés et de moyens adaptés, dans le respect des exigences réglementaires.

À la suite de l'accident de Fukushima, le Groupe a renforcé les dispositions et les moyens destinés à faire face à une crise.

**L'approche par état et l'approche événementielle**

L'approche par états consiste à appliquer des stratégies de conduite du réacteur en fonction de l'état réel de la chaudière quels que soient les événements qui ont conduit à cet état.

Appliquées en situation incidentelle ou accidentelle, les procédures visent à limiter les risques de dégradation d'un incident mineur en accident majeur suite à une succession de défaillances humaines et/ou matérielles. Elles consistent en particulier à :

- identifier l'état de l'installation à chaque instant à partir de fonctions d'état (criticité, niveau de puissance, inventaire en eau primaire, évacuation de la puissance résiduelle, intégrité de l'enceinte de confinement, etc.),
- définir l'objectif général de la conduite à tenir et les priorités entre fonctions d'états,
- préciser les actions nécessaires pour maîtriser la situation par le contrôle des fonctions d'états,
- effectuer une surveillance générale de la disponibilité des principaux systèmes, pour déclencher, si nécessaire, les substitutions ou la restauration des systèmes indisponibles.

L'approche événementielle consiste pour chaque type d'incident ou d'accident à réagir par une suite d'actions prédéterminées.

## DES PROCÉDURES SPÉCIFIQUES

La stratégie de conduite accidentelle vise à limiter les risques et les conséquences de la dégradation d'un incident. L'objectif majeur est de prévenir l'endommagement du combustible.

En France, la conduite accidentelle s'appuie sur une approche par états (APE) et au Royaume-Uni selon le cas, sur une approche événementielle ou par états, *Symptom Based Emergency Response Guidelines* (SBERG).

Des dispositions pallient d'éventuelles défaillances de matériels de sauvegarde, par un secours mutuel entre matériels redondants ou par l'installation de moyens mobiles.

Des procédures de gestion des accidents graves prennent en compte la fusion du cœur. Au Royaume-Uni, les procédures ont fait l'objet d'une refonte récente pour mieux intégrer les accidents hors dimensionnement.

## UNE COMBINAISON DE MOYENS MATÉRIELS ET HUMAINS

### LES OBJECTIFS DE L'ORGANISATION

L'exploitant doit disposer à tout moment des ressources nécessaires pour faire face à une crise.

Ses moyens d'action s'appuient sur des dispositions organisationnelles et des procédures et sur le rôle spécifique de l'équipe de conduite, présente en permanence, pour appliquer ces procédures.

Le Plan d'Urgence Interne (PUI), en France, et l'*Emergency Handbook* (EH), au Royaume-Uni, visent à :

- maîtriser la situation et en limiter les conséquences,
- protéger, secourir et informer le personnel,
- informer les pouvoirs publics et les médias.

Ces plans s'appuient sur un corpus documentaire dédié, prévu pour faire face aux situations les plus exigeantes, et sur des moyens redondants et diversifiés de télécommunication, notamment satellitaires, pour faire face à une coupure totale des réseaux.

**Les accidents graves**

Le passage du domaine accidentel de « dimensionnement » au domaine des accidents graves correspond au début de la fusion du cœur et se traduit par un changement de priorité.
Sur dépassement d'un seuil représentatif de la dégradation sévère des gaines du combustible (température de sortie du cœur ou débit de dose dans l'enceinte), on privilégie la sauvegarde du confinement, c'est-à-dire la troisième barrière, à celle du cœur et des deux premières barrières (gaine du combustible et circuit primaire).
La source potentielle de rejets dans l'environnement n'est plus limitée aux produits de fission présents dans le fluide primaire et dans l'espace situé entre le combustible et la gaine, mais correspond à la totalité des produits de fission et des actinides mobilisables, stockés dans le combustible. Le rapport est de l'ordre de 1 à 50 et il s'agit donc d'éviter, de limiter et de retarder les rejets dans l'environnement, par voie atmosphérique ou hydrogéologique.

## UNE DYNAMIQUE EN FRANCE ET AU ROYAUME-UNI

En France, mes observations et les évaluations de l'Inspection nucléaire de la DPN confirment la solidité d'ensemble du dispositif.

Les moyens de télécommunication, qui présentaient des fragilités, ont bénéficié à mi-2019 d'un nouveau système plus robuste. J'en vérifierai l'efficacité.

Début 2020 comme prévu, les équipes de conduite[35] sont créées, en nombre et en compétences, pour répondre à un événement affectant simultanément plusieurs réacteurs. Je souligne qu'atteindre cet objectif ambitieux a demandé un programme de formation important et nécessitera encore un accompagnement managérial.

Le dispositif de qualification initiale des équipes impliquées par la crise est robuste.

L'évaluation des exercices se concentre sur les aspects organisationnels et les interfaces qui constituent des points de fragilité. Tous les CNPE devraient aussi définir, comme certains le font déjà, des critères d'évaluation de la partie technique d'un événement.

Dans certains CNPE, la préparation à la gestion de crise ne bénéficie pas d'une priorité suffisante. Aussi, j'incite les Filières indépendantes de sûreté des sites à s'assurer du maintien en conditions opérationnelles des équipes, matériels et installations, en s'appuyant sur les méthodes[36] de l'Organisation nationale de crise[37] (ONC).

*Exercice de la FARN*

Au-delà des exigences réglementaires, les modalités de préparation et d'entraînement des équipes présentent de fortes disparités entre CNPE. Certaines dispositions plus performantes que d'autres pour l'entraînement mériteraient d'être mieux appliquées.

La construction de nouveaux Centres de crise locaux (CCL) résistant aux agressions extrêmes (noyau dur) ne sera pas terminée avant plusieurs années. Dans l'attente, il faut garantir le maintien en bon état des locaux de crise actuels, notamment par des programmes de maintenance et d'essais périodiques. Je note qu'un bilan de l'état de ces locaux a été réalisé et je m'assurerai du bon déploiement des améliorations prévues.

Les dispositifs de connexion des équipements de la FARN ont été installés dans les CNPE. Ils doivent maintenant faire l'objet de programmes de maintenance.

Le stockage, l'entretien et le suivi de la disponibilité des Moyens locaux de crise (équipements mobiles présents dans chaque CNPE) sont satisfaisants mais il conviendrait, qu'en cas de panne, leur

[35] *Pour répondre à une crise, la conduite s'organise en équipes situation extrême (ESE).*
[36] *Schémas de sécurisation.*
[37] *Équipe de l'UNIE/DPN chargée de ce domaine.*

remise en état se fasse au plus tôt, et non selon le délai réglementaire maximal.

Au Royaume-Uni, la formation des équipes de crise a été renforcée (installation des matériels mobiles, relations avec les secours externes, etc.). Après analyses complémentaires, EDF Energy a amélioré les procédures de crise ainsi que le plan d'urgence interne et a acquis de nombreux nouveaux matériels de secours.

Lors d'un exercice, j'ai observé que la mise en œuvre de ces moyens ne présentait pas toute l'efficacité attendue. J'apprécie que le management ait déclaré qu'une partie du scénario devait être rejouée, les objectifs n'étant que partiellement atteints.

## L'AIDE EXTERNE AUX SITES : LA FARN ET LE DBUE

Après l'accident de Fukushima, le Groupe a complété son organisation de crise par la FARN en France, Force d'action rapide du nucléaire, et le DBUE au Royaume-Uni, *Deployable Back-Up Equipment*, capables d'apporter rapidement une aide matérielle et humaine externe à un site, même en cas de conditions d'accès difficiles.

En France, la FARN est montée en puissance et j'apprécie les nombreux exercices au plus près de scénarios extrêmes. Elle intervient pour rétablir ou pérenniser le refroidissement du réacteur afin de limiter la dégradation d'une situation et les rejets radioactifs dans l'environnement. Elle est évaluée tous les 4 ans par l'Inspection nucléaire de la DPN.

Répartis sur quatre régions, avec du matériel standardisé, la FARN comme le DBUE interviendraient de façon progressive et circonstanciée, à partir d'une base arrière installée à proximité du site après reconnaissance préalable.

Les objectifs principaux de la FARN consistent à :
- intervenir en 24 heures, en continuité des équipes de conduite,
- agir de manière autonome pendant plusieurs jours dans un site partiellement détruit, dont l'ambiance pourrait être radioactive, voire touchée par des pollutions chimiques,
- réalimenter en eau, air et électricité à la demande de l'équipe de crise avec les Moyens locaux de crise (MLC) du site ou avec ses propres matériels.

Ces matériels d'intervention régionaux de la FARN et du DBUE peuvent être complétés par des moyens lourds d'une base centrale. Au Royaume-Uni, les matériels (DBUE) seraient apportées par le FDS *(Forward Deployment Service)* et mis en œuvre par les équipes du site.

Je retire une appréciation positive de mes rencontres avec les équipiers FARN et de l'observation de leurs entraînements. J'ai rencontré des professionnels, porteurs de valeurs fortes et partagées, ayant à cœur de maintenir un haut niveau de performance. Leur entraînement comprend le développement de méthodes d'appréciation de situations et de gestion de stress. Les moyens humains et matériels, dont la disponibilité est suivie chaque semaine, sont remarquables.

J'attire cependant l'attention sur quelques points de nature à fragiliser la capacité opérationnelle.

Par volonté d'autonomie maximale, les équipiers FARN conduisent eux-mêmes les engins jusqu'au lieu d'intervention. Cela nécessite de longues formations de conducteur de poids lourds, peu cohérentes avec la durée des postes. De plus, le personnel à l'arrivée dans le site aurait parcouru plusieurs centaines de kilomètres.

*Véhicules poids lourds de la DBUE*

La FARN rencontre des difficultés à disposer d'assez de compétences en conduite des installations, pour couvrir en permanence toutes les situations accidentelles prévues. Ce problème est identifié et j'engage la DPN à trouver une solution rapide.

La FARN prend en charge à partir de 2019 la mise en œuvre de matériels participant à la démonstration de la sûreté. Cela nécessite que les exigences associées (programme de maintenance des matériels, requalification fonctionnelle, pièces de rechange, etc.) soient à un niveau équivalent à celui exigé pour les matériels fixes des CNPE.

Lors des exercices :

- les temps d'accès de la FARN ou du DBUE dans les sites sont, du fait de la gestion des procédures d'accès, trop longs au regard de la durée limitée des exercices ; le rythme et le caractère réaliste de l'entraînement à la mise en œuvre des matériels prévus en pâtissent,
- pour déclarer opérationnelle la connexion d'un matériel FARN, le CNPE doit en parallèle réaliser certaines manœuvres dans l'installation ; celles-ci devraient systématiquement être vérifiées.

J'invite les scénaristes et les manageurs de la FARN et des CNPE à en tenir compte dans la planification et le déroulement des exercices.

Au Royaume-Uni, j'observe un manque récurrent d'entraînement à l'utilisation des matériels DBUE. Une pratique régulière est nécessaire pour s'assurer que les équipes peuvent agir en parfaite autonomie.

*Centre de crise de Barnwood*

## LE GIE INTRA EN SYNERGIE AVEC LA FARN

Après l'accident nucléaire de Tchernobyl, EDF, CEA et COGEMA (aujourd'hui ORANO) ont décidé de mutualiser des équipements téléopérés pouvant intervenir à la place de l'homme en milieu très radioactif. Le GIE (Groupement d'intérêt économique) INTRA ainsi créé dispose d'un parc de matériels (véhicules, robots, drones, etc.) et peut intervenir en moins de 24 heures en cas d'accident de grande ampleur.

Réunissant une vingtaine de personnes, le GIE INTRA est dynamique et s'appuie sur une flotte de matériels pouvant intervenir à l'extérieur et à l'intérieur des installations nucléaires. Grâce à des drones capables de procéder à des repérages et de déposer des sondes de mesures de radioactivité, il a développé de nouvelles compétences, en appui à la FARN, pour définir un chemin d'accès optimisé.

*Drone équipé d'une sonde de mesure, GIE INTRA*

J'invite les partenaires à se rapprocher pour, compte tenu du retour d'expérience, réactualiser les missions du GIE INTRA et renouveler en conséquence sa flotte de matériels. Il devrait aussi veiller à intégrer l'ensemble des entités nucléaires du Groupe (Framatome et EDF Energy) dans son périmètre.

## LA COORDINATION AVEC LES POUVOIRS PUBLICS

### UNE ORGANISATION NATIONALE ROBUSTE…

En France, j'ai rencontré les services centraux d'EDF qui sont en lien avec les pouvoirs publics et leurs appuis techniques : le département de gestion de crise du Groupe, les équipes nationales de crise de la DPN et les experts de Framatome. J'en retire une impression positive. Les salles de crise sont ergonomiques, les équipes sont pilotées et bénéficient d'entraînements dont il convient d'assurer le suivi précis.

Après la phase transitoire de création et de montée en puissance de la FARN, le moment est venu pour la DPN de réexaminer la gouvernance d'ensemble des différentes composantes de la gestion de crise.

J'invite aussi les CNPE à entraîner leurs équipes de crise à la prise de décision en situations incertaines. Le dispositif d'entraînement a été élaboré par l'ONC avec un fort appui de l'équipe facteur humain de la R&D d'EDF. Celle-ci, en partenariat avec le monde académique et des laboratoires de recherche, travaille sur la thématique crise (accidentologie, gestion du stress en crise, observation des équipes de conduite en situation extrême, etc.). Elle étudie, en particulier,

les facteurs favorables ou défavorables à la résilience d'un système sociotechnique.

Au Royaume-Uni, l'organisation semble apte à faire face à une crise. Les équipements (cartes, caméras, écrans, etc.) du centre de crise d'EDF Energy (CESC[38]) permettent de prévoir les dégradations possibles d'une situation pour que l'exploitant puisse déployer les moyens adaptés de façon anticipée.

### … EN LIEN ÉTROIT AVEC LES POUVOIRS PUBLICS

Un Plan particulier d'intervention (PPI) peut être déclenché par le Préfet, pour engager les moyens de l'État. Destiné notamment à limiter l'exposition des populations aux rayonnements, il fixe pour chaque site, selon la gravité de la situation, les mesures sanitaires à prendre :

- mise à l'abri des populations,
- prise de comprimés d'iode (présaturation de la thyroïde en iode non radioactif),
- évacuation des populations dans des centres de regroupement.

La présence d'un représentant du Groupe auprès de la cellule interministérielle de crise (CIC) peut être demandée par l'État. Elle me paraît indispensable pour apporter les éléments nécessaires aux prises de décision.

Le Groupe participe régulièrement aux exercices avec les pouvoirs publics, condition pour s'assurer du bon fonctionnement d'ensemble et tirer des retours d'expérience réguliers.

Ma rencontre avec les spécialistes de la gestion de crise de l'IRSN - et la visite de leur salle de crise - montre leurs remarquables capacités, notamment à identifier l'origine, le type et la quantité d'un rejet radioactif en France et bien au-delà de nos frontières.

En France, je note aussi que la campagne de distribution des comprimés d'iode dans le rayon des 10 à 20 km autour des CNPE est en cours, en lien étroit avec les pouvoirs publics. Celle-ci fait émerger des difficultés réglementaires qu'il conviendra d'analyser en vue de renforcer l'efficacité de la campagne 2022.

## MES RECOMMANDATIONS

**En France, pour sécuriser la gestion de crise, je recommande au directeur de la DPN de renforcer le pilotage d'ensemble de la gestion de crise et d'accroître la présence de ses équipes nationales de crise sur le terrain.**

**Au Royaume-Uni, l'appui du DBUE est essentiel pour faire face aux situations extrêmes. Je recommande au directeur d'EDF Energy *Nuclear Generation* d'assurer la capacité du personnel à mettre en œuvre les moyens mobiles, notamment par des entraînements plus fréquents.**

**Le GIE INTRA dispose de matériels uniques et ses nouvelles capacités de reconnaissances complètent efficacement le dispositif de la FARN. Je recommande au directeur de la DPN de se rapprocher de ses partenaires pour actualiser le périmètre, les missions et les moyens du GIE INTRA.**

[38] *Central Emergency Support Centre.*

*Travailler à la réussite du Groupe, CNPE Civaux*

**Le nucléaire est une technologie jeune, indissociablement liée à la recherche, à la science et à l'innovation.**

**Se contenter de l'acquis signifierait érosion : assurer un haut niveau de sûreté suppose donc un progrès continu des connaissances, des technologies et de la conduite des réacteurs.**

**Le Groupe doit, sans crainte, innover davantage.**

# Préparer l'avenir par la recherche et l'innovation 08

## INNOVER : UN IMPÉRATIF

### LA RECHERCHE ET DÉVELOPPEMENT, SOUFFLE VITAL DU NUCLÉAIRE

La R&D[39] et l'innovation conduisent à réinterroger et à approfondir en permanence les phénomènes physiques et les fondamentaux. Elles renouvellent les connaissances.

Il n'y a en particulier de sûreté durable qu'en progrès. Sans recherche de progrès, on peut perdre de vue les fondements techniques et les travaux à l'origine de la sûreté actuelle. De plus, les événements nous rappellent que nous ne savons pas tout : les évaluations de sûreté, aussi robustes soient-elles, ne peuvent prétendre à l'exhaustivité.

Comme toute industrie, le nucléaire doit innover pour gagner en sûreté et aussi en compétitivité : les meilleures innovations font progresser les deux à la fois.

En France, les réacteurs sont issus d'optimisations successives. Beaucoup de matériels ont été progressivement ajoutés pour répondre au nombre croissant des événements pris en compte.

Le moment est venu de rechercher, par l'innovation, une plus grande simplicité de conception, synonyme de sûreté accrue, d'efficacité et de réduction des coûts.

Le mouvement d'innovation dans le monde, en particulier en Amérique du Nord, en Chine et en Russie, est bénéfique. Les thèses scientifiques, les idées de réacteurs novateurs, les start-up s'y multiplient, soutenues par les entrepreneurs des hautes technologies, les laboratoires publics, les États.

L'innovation est vitale pour revivifier l'attractivité du nucléaire comme technologie d'avenir, à l'égard des jeunes générations et de la société.

### LE RÔLE MAJEUR DU CEA ET DE L'ÉTAT

Ce chapitre traite de la R&D et de la préparation de l'avenir dans le groupe EDF sous l'angle strictement nucléaire, sans examiner les disciplines transversales (numérique, mathématiques, etc.). Il ne sélectionne que certains exemples représentatifs. Il n'aborde pas non plus la recherche faite par le CEA et d'autres organismes, qui nourrit la recherche appliquée d'EDF.

Les moyens publics, réacteurs d'essais et laboratoires de mesures en milieu radioactif, sont indispensables aux connaissances en physique, à la qualification des codes de calcul, à la validation de nouvelles technologies. J'observe une baisse préoccupante du parc d'installations d'essais accessibles sur les plans national et international. Il paraît essentiel d'établir un panorama des moyens nécessaires et une stratégie.

La recherche publique est un atout fondamental du nucléaire français et le soutien de l'État capital pour en assurer la pérennité.

### UN PILOTAGE DE LA R&D DE QUALITÉ…

Je note beaucoup de points positifs dans le management de la recherche et développement dans le Groupe. Pilotée conjointement par les directions de la R&D d'EDF, de la DIPNN et de la DPN dans les comités de préparation de l'avenir, elle est étroitement liée aux besoins du parc et des projets.

Je tiens à souligner la qualité technique des équipes et des moyens de R&D que j'ai visités.

Les notes d'orientations stratégiques (NOS) élaborées par domaine (cœur-combustible, contrôle-commande, agressions, génie civil, etc.) sont une bonne pratique. Les enjeux y sont clairement présentés et le choix des sujets techniquement solide.

J'apprécie la structuration en briques technologiques, non liées à un design particulier mais susceptibles d'être retenues pour le parc, pour les réacteurs en cours de conception ou pour des projets futurs. Chaque brique peut ainsi bénéficier d'une stratégie de R&D, d'un rythme de développement, de partenariats appropriés à son domaine technique.

Les experts sont un grand atout du Groupe. Ils sont de haut niveau et je me réjouis de la rénovation du processus de reconnaissance et de promotion des experts. Il convient, bien sûr, de veiller à ce que

[39] *Dans ce chapitre, R&D désigne la recherche et développement, quelles que soient les entités impliquées.*

les disciplines stratégiques soient toutes représentées. Il faut aussi davantage construire les parcours professionnels pour développer l'expertise.

Les partenariats sont appréciables : Institut tripartite avec Framatome et le CEA, Institut quadripartite avec les mêmes et l'IRSN, universités et CNRS, programmes internationaux de l'AEN[40], Nuclear Valley et le GIFEN (Groupement des industriels français de l'énergie nucléaire), etc.

*Réacteur de recherche Cabri*

### … QUI MÉRITE D'INCLURE DAVANTAGE DE LONG TERME

La R&D a besoin, en général, d'un champ de réflexion libre, hors finalité immédiate. Son rythme n'est pas celui des projets : elle doit pour une part précéder l'expression du besoin. C'est le seul moyen de travailler à des innovations en rupture et d'éviter de se dire à l'aube d'un projet : « Dommage, cette solution n'est pas mûre, il aurait fallu plus de R&D préalable ».

Il est aussi fondamental de créer un terreau et des conditions qui favorisent l'innovation. Communiquer, notamment en direction des jeunes générations, une attente et une ambition à l'égard du nucléaire est une nécessité.

Centrées sur la période 3 à 5 ans, les NOS mériteraient d'intégrer un volet de plus long terme. Il est en effet important que la R&D soit à la fois guidée par les nécessités concrètes de l'exploitation et des projets, mais aussi par la science et par la question : Vers quel objectif veut-on tendre ? Dans cet esprit, il serait utile d'exprimer dans un document de plus haut niveau la stratégie technique qui fait le lien entre les NOS thématiques. Il s'agirait en quelque sorte d'une *roadmap* sûreté, exprimant les grands objectifs d'ensemble, à court, moyen et long terme.

### ATTENTION AUX FREINS À L'INNOVATION…

Les réacteurs en exploitation bénéficient d'améliorations successives : c'est un élément essentiel de la doctrine de sûreté. Les réacteurs de nouvelle génération apportent des progrès de sûreté supplémentaires (par exemple l'EPR). Il est important d'expliquer qu'il demeure une différence entre les deux et d'admettre une approche équilibrée des réexamens de sûreté.

Vouloir appliquer aux réacteurs existants toutes les solutions des futurs réacteurs, même si c'était possible et au-delà des considérations économiques, serait une source de complexification nuisible à la sûreté (cf. chapitre 2). Cela pourrait aussi être un frein à l'innovation : des développements pourraient être ralentis de peur que, s'ils aboutissaient, l'exploitant ne soit contraint, quelle que soit son analyse, de modifier le parc.

Lorsque des pistes d'innovations favorables à la sûreté sont identifiées, il ne faut pas s'interdire de réfléchir, ni se sentir bloqué par les référentiels. Établis dans un contexte technique donné, il est permis de proposer de les modifier, qu'ils soient réglementaires ou internes.

### … ET À L'EXERCICE DE LA RESPONSABILITÉ D'EXPLOITANT

Dans de nombreux domaines, en instance de décision, le motif invoqué pour lancer des travaux de R&D est une question de l'ASN. Ceci se constate y compris lorsque les équipes sont convaincues du bien-fondé et de la nécessité de ces études, ce qui est généralement le cas. J'appelle à mettre un terme à cette habitude, qui conduit de facto au sentiment que c'est l'ASN qui pilote la R&D.

Elle fait courir le risque de ne plus voir que les demandes de l'ASN derrière les sujets de sûreté, d'en oublier la réalité technique, voire d'émousser le sens de la responsabilité d'exploitant (cf. chapitre 2).

[40] *Agence de l'énergie nucléaire de l'OCDE.*

## RÉACTEURS : DONNER UNE PERSPECTIVE

### VERS QUEL BUT TENDRE ?

Il me semble important de définir des tendances, de grands objectifs : voici, pour stimuler la réflexion, quelques exemples.

Le Graal serait bien entendu d'imaginer et de concevoir des réacteurs « intrinsèquement sûrs ».

D'ici cet horizon ultime, il pourrait y avoir des développements vers des réacteurs présentant une plus grande autonomie vis-à-vis de certains phénomènes physiques et dont les fonctions de sûreté immédiates seraient, à performances de sûreté équivalentes, assurées avec un moindre recours aux systèmes actifs. Même s'ils ne constituent pas une réponse universelle, j'encourage entre autres à intensifier la R&D sur les systèmes passifs afin d'alimenter les projets.

Les REP ont une remarquable caractéristique : le circuit primaire est un système passif d'une grande robustesse lorsqu'il fonctionne en thermosiphon[41]. Ouvrir les vannes de vapeur et injecter quelques dizaines de tonnes d'eau par heure (le débit d'un camion de pompier) au secondaire des générateurs de vapeur suffisent alors à l'évacuation de la puissance résiduelle.

Un progrès serait de pouvoir refroidir le circuit primaire en thermosiphon sans avoir à se préoccuper d'un éventuel retour en criticité (sans moyens actifs d'injection de bore[42]). Dans le même esprit, il conviendrait de déployer des solutions d'étanchéité des joints de pompes primaires, qui ne nécessiteraient pas d'injection à haute pression pour prévenir une fuite.

Assurer le fonctionnement de certains des matériels clés (contrôle-commande, certaines pompes et tableaux électriques), même en cas de perte totale de climatisation ou du circuit de refroidissement intermédiaire, est également à rechercher.

En matière de confinement, un des principaux objectifs serait d'éviter la « recirculation » de fluide radioactif hors de l'enceinte en cas d'accident.

Les REP ont été conçus avec de grandes marges de sûreté. L'exploitation, le retour d'expérience et l'évolution des référentiels ont conduit à utiliser une part des marges. Un objectif doit être de recréer des marges physiques pour l'avenir, notamment sur le combustible.

### AU CŒUR DES BRIQUES TECHNOLOGIQUES : LE COMBUSTIBLE

Souvent, on imagine un réacteur nucléaire comme une enceinte de confinement, des systèmes, un circuit primaire, une cuve dans laquelle on introduit du combustible. Du point de vue de la sûreté, on peut renverser l'image : un réacteur est avant tout du combustible, le cœur, autour duquel sont disposés une cuve, un circuit primaire, des systèmes, une enceinte.

C'est pourquoi le combustible est un volet fondamental de la R&D des réacteurs nucléaires. Il convient de la poursuivre avec persévérance et dynamisme (cf. chapitre 5). Il faut pour cela un ensemble d'installations de recherche adéquat, dont des réacteurs de recherche et des laboratoires chauds comme le LECA[43] au CEA.

Pour l'illustrer, l'interprétation des essais physiques du réacteur EPR a fait appel aux toutes dernières données et analyses portant sur les incertitudes des bibliothèques des sections efficaces de l'uranium et de l'acier, domaine que l'on pouvait penser définitivement établi depuis longtemps.

Pour le moyen terme, plusieurs évolutions technologiques sont étudiées, comme les EATF[44] :

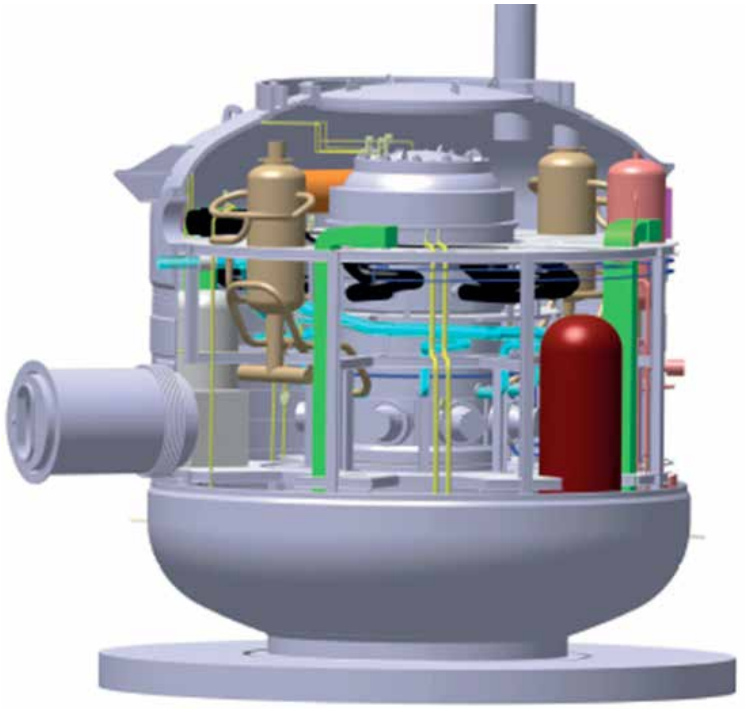
- les gaines revêtues de chrome augmentent les marges en IPG[45] par rapport aux derniers alliages (M5) et pourraient améliorer la robustesse des crayons lors d'un accident de perte de réfrigérant primaire (APRP),
- des pastilles dopées au chrome pourraient réduire le relâchement des gaz de fission, diminuant la pression dans le crayon ainsi que les rejets radioactifs en cas d'accident.

Essayer les EATF en réacteur n France, comme plusieurs pays le font déjà, est maintenant opportun.

Autre exemple : on pourrait utilement relancer les travaux sur l'ajout de grilles intermédiaires de mélange dans les assemblages. Celles-ci, en optimisant les filets d'eau autour des crayons, retardent la vaporisation de l'eau au contact de la gaine, augmentant ainsi les marges de sûreté.

À plus long terme, les gaines en carbure de silice (SiC) étudiées avec le CEA pourraient résister à de plus hautes températures.

41 *Une circulation naturelle s'établit entre le cœur qui s'échauffe et les générateurs de vapeur où l'eau primaire est refroidie.*
42 *Maîtriser la réactivité demande, dans les REP du parc, d'injecter du bore dans le circuit primaire.*
43 *Laboratoire d'examen des combustibles actifs.*
44 *Enhanced accident tolerant fuel.*
45 *Interaction pastille gaine.*



*Projet de SMR Nuward*

En cas d'insertion incontrôlée de réactivité, les cœurs des REP sont assez tolérants car d'une grande stabilité neutronique ; il convient toutefois d'être vigilant envers la formation de bouchons d'eau claire ou froide, susceptibles de provoquer une importante augmentation de la réactivité. J'incite les différentes entités intéressées (DIPNN, DPNT, R&D d'EDF) à identifier des voies de recherche et de développement à moyen ou long terme pour en limiter encore les risques.

Plus généralement, lorsque l'on engage des réflexions sur de nouveaux modèles de réacteurs, on a tendance, pour des raisons très compréhensibles, à se fixer pour règle de raisonner à combustible inchangé. Pour la vigueur des réflexions de long terme, il me semblerait sain que certains travaux prospectifs puissent s'affranchir de cette contrainte intellectuelle.

## APPROFONDIR TOUJOURS LES CONNAISSANCES

La phénoménologie des accidents graves bénéficie depuis les années 1980 d'une R&D de grande qualité, qui a beaucoup fait progresser la défense en profondeur de l'EPR et du parc en exploitation. Certains phénomènes méritent de poursuivre les efforts : interaction corium-eau, étalement du corium et son interaction avec le béton, comportement et filtration des produits de fission.

Les agressions internes (incendie, inondation, etc.) ou externes (inondation, séisme, grand froid ou grand chaud, etc.) ont pris une place grandissante dans la sûreté au regard du retour d'expérience et de leurs conséquences potentielles, notamment les défaillances de mode commun qu'elles peuvent provoquer : il faut continuer d'approfondir la connaissance des phénomènes et leur modélisation (cf. chapitre 6).

Parmi les sujets récurrents figure l'efficacité des filtres des puisards de recirculation en cas d'arrivée massive de débris engendrés par un accident (fibres de calorifuge, peinture, etc.). Les essais et la modélisation doivent se poursuivre. Pour les futurs réacteurs, une voie privilégiée serait de mettre au point des matériaux produisant moins de débris.

À côté de ces quelques exemples de sujets techniques, j'apprécie que l'autre grand pilier de la sûreté, les facteurs organisationnels et humains, fasse l'objet de recherche par des équipes dédiées. Il convient d'en assurer les moyens dans la durée, notamment en accidentologie. Je continuerai à m'y intéresser de près (cf. chapitre 2).

## LES SMR

De petite puissance (10 à 300 MWe), les SMR (*Small Modular Reactors*) visent à :

- une construction plus rapide, en particulier grâce à la fabrication de modules en usine,
- un effet de série,
- une proximité des consommateurs en zone isolée ou en cas de réseaux électriques limités.

Beaucoup de pays s'y intéressent. C'est ainsi que l'*Akademic Lomonosov*, une barge qui embarque deux réacteurs de brise-glace, alimente depuis fin 2019 une région de Sibérie.

Un des enjeux des SMR est, par la simplification, la construction modulaire, l'éventuelle utilisation de la chaleur, de compenser la perte en économie d'échelle engendrée par la moindre puissance.

Du point de vue de la sûreté, les SMR visent à une plus grande simplicité et une sûreté plus intrinsèque : le rapport entre puissance et volume d'eau ainsi que les phénomènes de conduction thermique y sont favorables, améliorant l'autonomie du réacteur en cas d'accident.

EDF, le CEA, TechnicAtome et Naval Group ont lancé le projet de SMR Nuward. La grande expérience de la France en réacteurs compacts de propulsion navale lui donne des atouts dans ce domaine. Par exemple, le pressuriseur et les générateurs de vapeur de Nuward

seront dans la cuve, le réacteur sera immergé dans une piscine, le pilotage se fera sans bore, des systèmes passifs pourront évacuer la puissance résiduelle et l'autonomie sera grande en cas de perte des alimentations électriques ou de la source froide.

Cette initiative me paraît très positive, en complément de projets de réacteurs de grande puissance (EPR 2). Elle est de nature à favoriser l'innovation, à élargir le champ des possibles, à renouveler l'image et l'attractivité du nucléaire, à l'ouvrir à de nouvelles catégories d'usages, de localisations, d'investisseurs et de parties prenantes.

### LES CONCEPTS DE L'AVENIR

Des concepts très différents sont étudiés à l'international et en France, comme les réacteurs à sels fondus (CNRS), ITER[46], les réacteurs à neutrons rapides (RNR), y compris des SMR dans certains pays comme les États-Unis, le Canada, etc.

## MES RECOMMANDATIONS

**Si le pilotage de la R&D présente aujourd'hui de grandes qualités de pertinence technique et d'orientation vers les besoins du parc et des projets, je recommande au *Chief Technical Officer* (CTO) du Groupe et aux directeurs de la DIPNN et de la DPNT de laisser une place plus importante au long terme et de formuler une stratégie technique d'ensemble sur la sûreté.**

**Des moyens d'essais sont indispensables pour soutenir la recherche dans le domaine de la sûreté. Je recommande au CTO et au directeur de la DIPNN d'analyser avec le CEA, Framatome, l'IRSN et l'État les perspectives et les besoins en moyens d'essais, en France et dans le monde.**

**Il est nécessaire que les réacteurs disposent de marges de sûreté significatives. À l'expérience, celles-ci peuvent être en partie consommées au cours du temps. Je recommande au CTO et aux directeurs de la DPNT et de la DIPNN de rechercher les innovations et les voies de progrès apportant des marges physiques aux installations et en particulier au combustible.**

[46] *ITER, qui associe 35 pays à Cadarache, vise à démontrer que l'on peut utiliser la fusion nucléaire pour produire de l'énergie.*

*Opération de chaudronnerie à Saint Marcel, Framatome*

**Le développement de la culture de sûreté se poursuit avec la création d'un réseau de référents et la formation des membres du TOP 120 et des nouveaux collaborateurs.**

**La filière indépendante de sûreté (FIS) se structure. Les programmes de contrôles doivent être déployés pour toutes les activités concernées (ingénierie, fabrications, maintenance, etc.).**

**En 2019, la création d'une *Business unit* Projets et composants vise à conforter le positionnement et la performance de Framatome en intégrant davantage projets et usines.**

# 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 ont des enjeux majeurs pour la sûreté.**

Ce chapitre est rédigé par l'Inspecteur général de Framatome, Alain Payement. 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 trois inspecteurs.
Elle exerce un contrôle indépendant des lignes managériales sur la sûreté, la radioprotection, la sécurité industrielle[47], 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.
En 2019, l'IG a mis en place le principe des visites. Elles ont vocation à évaluer, lors d'entretiens hors présence hiérarchique, la perception des enjeux de sûreté et de sécurité des collaborateurs, quels que soient leur niveau hiérarchique et leur métier. Ces visites contribuent aussi à recueillir des signaux faibles.

## LE DÉVELOPPEMENT DE LA CULTURE DE SÛRETÉ

Selon l'INSAG 4, la culture de sûreté impose l'engagement de tous, leaders au premier chef. Cet engagement s'inscrit depuis 2018 dans la politique de sûreté nucléaire de Framatome, qui précise notamment les responsabilités des lignes managériales. Le Comité exécutif tient des réunions régulières dédiées à la sûreté. En 2019, l'attention a porté sur la formation afin de poser les principes de la culture de sûreté. La force de ce dispositif réside dans la désignation de référents dans chaque *Business unit* (BU) et direction, pour former dans les 6 mois les nouveaux collaborateurs. Fin 2019, 68% des nouveaux arrivants ont été formés à la culture de sûreté. 55% des managers du TOP120 l'ont aussi été.

De son côté, l'Inspection générale a évalué la culture de sûreté des sites de Romans-sur-Isère et Jeumont. Chaque équipe d'évaluation, une douzaine de personnes dont des managers d'autres *Business units* désignés par le Comité exécutif, a réalisé des visites de terrain et une cinquantaine d'entretiens. A tout niveau hiérarchique, je constate une meilleure connaissance des principes de culture de sûreté mais des progrès restent à faire notamment quant à la présence des managers sur le terrain, la rigueur d'application des procédures, la préparation et la réalisation des interventions, la formation. Deux autres sites feront l'objet d'une évaluation de leur culture de sûreté en 2020.

Ce dispositif sera complété d'ici 2021 par des autoévaluations de chaque entité : une base robuste pour développer la culture de sûreté.

## LE CONTRÔLE INDÉPENDANT DE LA SÛRETÉ

La politique de sûreté nucléaire de Framatome réaffirme la responsabilité de la ligne managériale des entités opérationnelles et précise le rôle de la filière indépendante de sûreté (FIS). Celle-ci exerce un contrôle de premier niveau sur chaque établissement, *Business unit*, direction et entité *corporate*. L'Inspection générale constitue le deuxième niveau de contrôle.

Depuis 2019, les missions et l'organisation de la FIS font l'objet d'une note du Président de Framatome qui demande :

- de désigner les membres du premier niveau de la FIS sous couvert d'une lettre de mission rappelant leurs responsabilités et leur devoir d'indépendance,

[47] *Entendu comme la maîtrise des risques industriels notamment chimiques.*

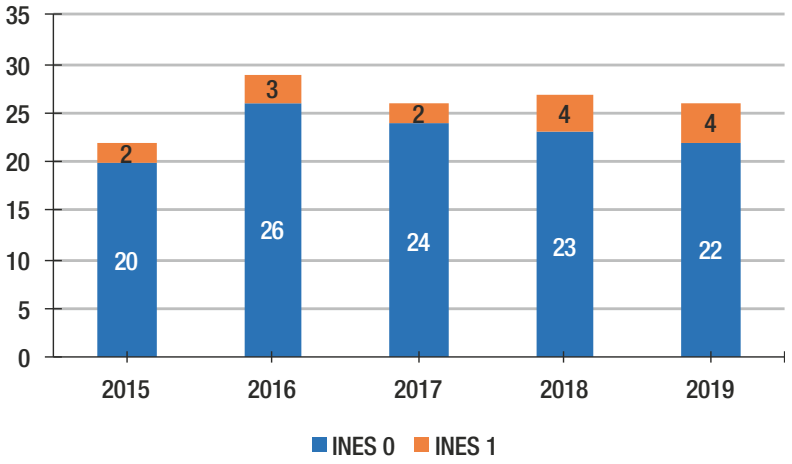
- d'établir des programmes de contrôle dans chaque établissement ou projet,
- de prendre des dispositions pour détecter, traiter et suivre les écarts ainsi que pour informer la FIS,
- au premier niveau de la FIS de s'autoévaluer chaque année.

Sur ce dernier point, le bilan 2018 témoigne d'un bon niveau d'écoute de la FIS par les lignes managériales, notamment en cas de détection d'écart. Les ressources de la FIS et les programmes de contrôles indépendants sont jugés appropriés. Cependant, dans plusieurs BU et directions, la prise en compte des enjeux de sûreté apparait perfectible dans la gestion des projets et des compétences. Afin d'analyser ce point faible, je note que le premier niveau de la FIS auditera début 2020 un des principaux projets. J'en examinerai les résultats avec attention.

Compte tenu du champ couvert par l'Inspection générale, le Comité exécutif de Framatome a décidé la création en 2020 d'un poste d'inspecteur supplémentaire.

## UNE STABILITÉ DES RÉSULTATS DE SÛRETÉ…

Aucun événement de niveau 2 ou plus sur l'échelle INES n'a été déclaré en 2019. Avec 22 évènements de niveau 0 et 4 de niveau 1, les résultats sont similaires à ceux de 2018.



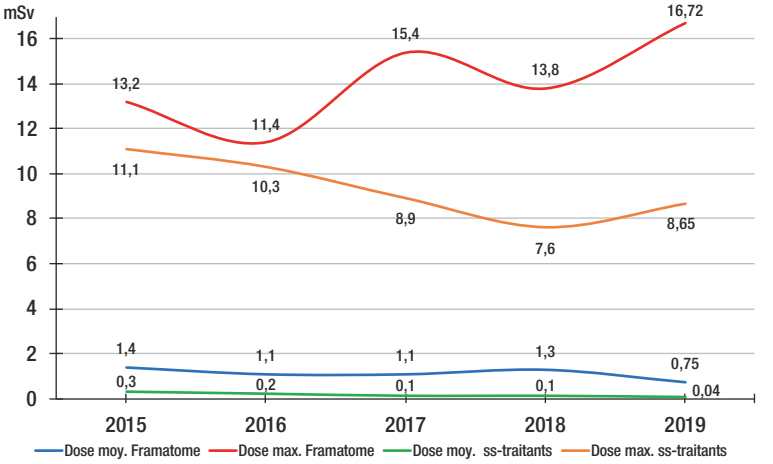

***Évolution du nombre d'événements INES***

Les 4 évènements INES 1 déclarés par Romans-sur-Isère concernent la maîtrise de la criticité. Leur analyse a montré, comme en 2018, la récurrence du facteur humain. Le site a mis en place un plan d'actions pour renforcer les pratiques de fiabilisation des interventions, la détection et le traitement des écarts, et le rôle des manageurs de proximité. Ces mesures vont dans le bon sens et je suivrai avec attention les améliorations.

## … ET DE RADIOPROTECTION

En 2019, les doses moyennes des salariés de Framatome et des entreprises extérieures se sont établies respectivement à 0,75 mSv (1,3 mSv en 2018) et 0,04 mSv (0,09 mSv en 2018), en diminution depuis 2014.

Le nombre des salariés ayant reçu une dose inférieure au seuil d'enregistrement (dose nulle) est en augmentation : 38% pour Framatome (30% en 2018) et 18% pour les entreprises extérieures (16% en 2018). Les doses reçues restent majoritairement inférieures à 2 mSv : 82% des salariés de Framatome (73% en 2018) et 99% des salariés des entreprises extérieures (98% en 2018).




***Évolution des doses pour Framatome et ses sous-traitants***

Le nombre des doses annuelles supérieures à 10 mSv continue à diminuer (26 en 2019, 37 en 2018). Elles concernent en grande majorité des collaborateurs exerçant des activités de services pour les réacteurs (25 sur 26), principalement aux États-Unis (18 sur 26, dont les 8 ayant reçu des doses supérieures à 12 mSv). La dose reçue la plus élevée est de 16,7 mSv, en augmentation par rapport à 2018 (13,8 mSv), mais inférieure à la limite de 20 mSv/an fixée par Framatome pour les salariés des États-Unis[48]. Dans ce contexte,

[48] *La limite réglementaire aux États-Unis est de 50 mSv/an.*

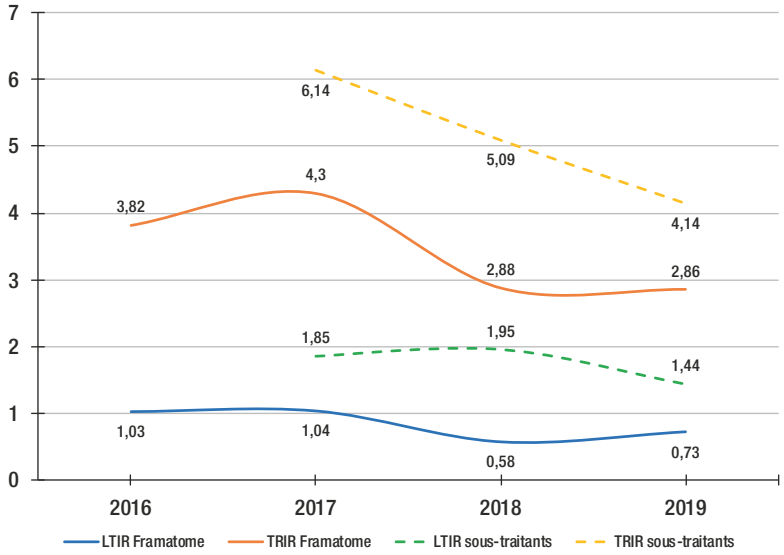
la gestion prévisionnelle des doses reçues et l'exploitation du retour d'expérience dosimétrique lors des interventions doivent être particulièrement robustes.

## LA SÉCURITÉ AU TRAVAIL

L'année 2019 a malheureusement été marquée par le décès d'un collaborateur en mission, lors de la pratique d'une activité sportive non liée au travail.

Les objectifs de Framatome en 2019 en matière de réduction du nombre des accidents du travail sont tenus : le taux de fréquence des accidents avec arrêt (LTIR) et la fréquence des accidents avec et sans arrêt (TRIR) pour les collaborateurs de Framatome sont inférieurs à 0,9 et 3,3. Le LTIR des sous-traitants est inférieur à 1,5.

Par rapport à 2018, le LTIR (0,73) et le TRIR (2,86) pour les salariés de Framatome sont stables. Les résultats pour les sous-traitants continuent de s'améliorer (LTIR à 1,44 et TRIR à 4,14).




***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) se poursuit. Les plans de mise en conformité des pratiques de chaque entité aux meilleurs standards de l'industrie s'achèveront en 2020. Le taux de conformité est globalement élevé mais cet objectif nécessitera un effort important.

De nombreux presque accidents de manutention aux conséquences potentielles graves concernent les établissements des *Business units* IB (base installée) et PCM (Projets et Composants). En complément des mesures déjà déployées au sein de cette dernière, je recommande de conduire une analyse transversale pour identifier les éventuelles causes génériques.

## DES INSPECTIONS RICHES D'ENSEIGNEMENTS

En 2019, l'Inspection générale (IG) a réalisé 13 inspections thématiques et 7 inspections de suivi de ses recommandations.

### LA GESTION DE CRISE ET L'INCENDIE À RICHLAND

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

En 2019, la gestion de crise et la sécurité incendie ont été retenus. Concernant la gestion de crise, j'ai noté la solidité de l'organisation basée sur des responsabilités clairement définies, des équipes formées et entraînées, des matériels d'intervention redondants et bien entretenus. J'engage Richland à s'interroger sur le caractère suffisant des moyens de surveillance à distance des zones industrielles pouvant être à l'origine d'un accident significatif.

Le risque incendie est globalement maîtrisé grâce notamment à des objectifs annuels de prévention, un dispositif de formation efficace, des entraînements réguliers et des dispositifs d'alarme et d'extinction entretenus. Après cette inspection, le site a engagé une mise à jour de sa documentation sécurité incendie ainsi qu'une démarche pour améliorer ses standards de rangement des locaux techniques dont j'ai déjà constaté l'efficacité. Cette dernière action devra se poursuivre en 2020.

### LA MAÎTRISE DE LA CRITICITÉ À LINGEN ET ROMANS

À Lingen en Allemagne comme à Romans-sur-Isère, l'organisation et la documentation sont conformes aux attendus. Des contrôles réguliers, internes et externes, sont réalisés. Les collaborateurs sont formés et les qualifications suivies avec rigueur.

Deux axes d'améliorations communs ont été mis en évidence. Le premier concerne le traitement des événements détectés en exploitation. Si l'analyse des causes est réalisée, le suivi des plans d'actions et l'identification d'éventuelles récurrences sont perfectibles. Le second concerne les pratiques de fiabilisation des

interventions à mieux appliquer. Le site de Romans-sur-Isère a engagé un plan d'actions dans ce domaine, j'incite celui de Lingen à faire de même.

*Opération de maintenance à Jeumont*

## LES JALONS DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE DES PROJETS DE ROMANS

Compte tenu du nombre et de l'importance des opérations engagées à Romans-sur-Isère, l'IG a réalisé en 2019 trois inspections pour s'assurer que les projets sont organisés de manière à franchir les étapes importantes pour la sûreté dans le respect des exigences.

L'organisation basée sur des équipes de projet clairement définies permet un pilotage satisfaisant des différents plannings. Pour les projets requérant un avis formel de l'autorité de sûreté avant la mise en exploitation, je recommande de conserver les éléments justifiant le franchissement des étapes successives. Ceci vaut aussi pour les solutions techniques de traitement des écarts.

## LA RIGUEUR OPÉRATIONNELLE

En 2019, les sites de Rugles et Paimbœuf ont été inspectés sur leur capacité à respecter les référentiels opérationnels et assurer la traçabilité de leurs activités.

Dans ces deux établissements, les politiques de sûreté, de sécurité et de qualité sont définies et déclinées avec des objectifs annuels.

Les actions sont suivies. Le traitement des écarts et l'exploitation du REX sont satisfaisants. Les formations et les qualifications des opérateurs sont suivies avec rigueur.

Une attention particulière doit être portée à la mise à jour des référentiels internes, conformément aux périodicités définies dans les systèmes de management intégrés. Il faut aussi mieux respecter les échéances des contrôles et essais périodiques réglementaires des installations.

### Les traitements thermiques de détensionnement

Un écart a été identifié en 2019 dans la réalisation de traitements thermiques de détensionnement des soudures d'assemblage des générateurs de vapeur et des pressuriseurs. Cet écart porte sur le respect de la plage de température spécifiée.
Les équipements concernés ont été identifiés et les exploitants nucléaires informés. Framatome a créé une *task force* pour appuyer les exploitants et les projets. Avec EDF, l'aptitude au service de ces équipements a été vérifiée.
Après analyse, l'ASN a estimé que les réacteurs concernés pouvaient continuer à fonctionner en l'état et demandé des contrôles complémentaires et un plan d'actions destiné à affiner les justifications apportées par l'exploitant.

## LA PRÉVENTION DES RISQUES AU TRAVAIL

Les inspections de l'IG ont concerné :

- trois sites de la *Business unit* Base installée : le Centre d'entretien et de décontamination d'outillage (CEDOS) à Sully-sur-Loire, le Centre de maintenance des outillages (CEMO) de Chalon-sur-Saône, le site de Lynchburg aux Etats-Unis,
- le chantier de la Base installée France au CNPE de Cruas en 2019,
- en Allemagne, les sites de Karlstein et d'Erlangen dépendant de la Direction technique et ingénierie.

D'une manière générale, je constate que le management visuel se généralise, effet du programme d'amélioration de l'excellence opérationnelle. Ces outils constituent un bon support pour le management de la sûreté, de la sécurité et de la qualité.

Les sites en France et l'équipe de la Base installée du chantier de Cruas disposent d'une organisation claire. Les responsabilités et les délégations associées sont formalisées. Les qualifications et les habilitations sont globalement suivies et mises à jour. Des contrôles indépendants de la sécurité au travail et de la radioprotection sont réalisés par un service particulier de la direction française de la *Business unit*.

**Le plan d'excellence opérationnelle**

Ce plan vise à améliorer la qualité de préparation et d'exécution des activités pour « faire bien du premier coup » et tenir les délais. Il prévoit de déployer plus systématiquement les outils qualité utilisés dans d'autres industries.
Par exemple, la méthode 8D pour résoudre des problèmes et écarts via une analyse structurée des causes profondes et l'identification d'actions correctives et préventives. Autres exemples : les analyses AMDEC des processus (modes de défaillance, leurs effets et leur criticité), la généralisation des pratiques de fiabilisation des interventions, la formalisation de la détection et de la remontée des signaux faibles.
L'excellence opérationnelle passe aussi par une présence renforcée des manageurs sur le terrain pour faciliter la résolution des problèmes et diffuser une culture d'amélioration continue.

En 2020, le déploiement du programme se poursuit avec la formation de tous les manageurs.

Les pratiques de fiabilisation des interventions sont connues et mises en œuvre sur le chantier de Cruas. J'invite le CEDOS et le CEMO à progresser en la matière.

Dans les domaines de la sécurité au travail et de la radioprotection, les sites de Karlstein et d'Erlangen bénéficient du soutien de la direction de Framatome en Allemagne (Framatome GmbH). Cela se traduit par des mesures de prévention pragmatiques, un bon niveau de sécurité au travail et une culture de sécurité partagée par les collaborateurs.

Certaines infrastructures où sont implantés ces établissements n'appartiennent pas à Framatome. Cette situation particulière milite pour que les modalités de contrôles des équipements de sécurité soient définies sans ambiguïté entre Framatome GmbH et le propriétaire. De plus, des exercices de sécurité conjoints à chaque établissement et à son site d'accueil doivent être organisés plus régulièrement.

## LE BILAN DES RECOMMANDATIONS

Le nombre des recommandations en cours est stable (94 en 2019, 93 en 2018). Les inspections de suivi ont permis la clôture de 26 recommandations.

L'Inspection générale a émis 37 recommandations en 2019 réparties en trois domaines :
- la rigueur opérationnelle (78%),
- la conformité réglementaire (16%),
- le traitement des écarts (6%).

Cette répartition reflète le nombre important d'écarts constatés en matière de mise à jour des référentiels internes.

Le plan de résorption des recommandations datant de plus de 3 ans fait l'objet d'un suivi particulier par le Comité exécutif de Framatome. Un calendrier de clôture a été établi en début d'année par les *Business units*. Je note que ces dernières ont globalement tenu leurs engagements : 2 recommandations de plus de 3 ans restent à solder.

Dans le prolongement de cette dynamique, l'objectif de réduction concernera en 2020 celles de plus de 2 ans.

## MES RECOMMANDATIONS

**Le développement et le maintien d'une culture de sûreté nécessitent de former tous les collaborateurs et d'entretenir leurs connaissances. En complément des mesures déjà prises, je recommande que soit engagé un programme de formation et de recyclage pour tout le personnel.**

**Le facteur humain est à l'origine de trop nombreux évènements impactant la sûreté, la sécurité et la qualité. Je recommande qu'une politique de déploiement des pratiques de fiabilisation des interventions (PFI), basée sur le principe de la proportionnalité aux enjeux de sûreté et de sécurité, soit définie et mise en place.**

*CNPE de Flamanville*

# 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

| Nº | Indicateurs | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Nombre d'événements significatifs pour la sûreté classés dans l'échelle INES (1 et plus), par réacteur[1] | 1,17 | 0,91 | 1,55 | 1,19 | 1,14 | 1,16 | 0,98 | 1,12 | 1,28 | 1,45 |
| 2 | Nombre d'événements significatifs pour la sûreté (INES 0 et plus), par réacteur | 10,45 | 10,57 | 11,90 | 11,60 | 10,8 | 10,03 | 9,78 | 11,59 | 12,6 | 12,0 |
| 3 | Nombre de cas de non-conformité aux STE, par réacteur | 1,55 | 1,36 | 1,52 | 1,34 | 1,55 | 1,24 | 1,48 | 1,41 | 1,69 | 1,8 |
| 4 | Nombre de non-conformités[2] de configuration de circuits par réacteur | 1,74 | 2,07 | 1,78 | 1,22 | 1,41 | 1,74 | 1,64 | 1,78 | 1,24 | 1,4 |
| 5 | Nombre d'arrêts du réacteur, par réacteur (et pour 7 000 heures de criticité[3])<br>• Automatiques<br>• Manuels | <br>0,69<br>0,01 | <br>0,50<br>0,05 | <br>0,55<br>0,03 | <br>0,59<br>0,03 | <br>0,53<br>0,07 | <br>0,66<br>0 | <br>0,48<br>0 | <br>0,38<br>0,04 | <br>0,31<br>0 | <br>0,53<br>0 |
| 6 | Dose opérationnelle collective moyenne, par tranche en service (en hSv) | 0,62 | 0,71 | 0,67 | 0,79 | 0,72 | 0,71 | 0,76 | 0,61 | 0,67 | 0,74 |
| 7 | Dosimétrie individuelle :<br>• Nombre de personnes dont la dose est supérieure à 20 mSv<br>• Nombre de personnes entre 16 et 20 mSv<br>• Nombre de personnes entre 14 et 16 mSv | <br>0<br>3<br>60 | <br>0<br>2<br>43 | <br>0<br>2<br>22 | <br>0<br>0<br>18 | <br>0<br>0<br>5 | <br>0<br>0<br>2 | <br>0<br>0<br>1 | <br>0<br>0<br>0 | <br>0<br>0<br>1 | <br>0<br>0<br>0 |
| 8 | Nombre d'événements significatifs pour la radioprotection | 91 | 92 | 114 | 116 | 113 | 109 | 117 | 131 | 170 | 169 |
| 9 | Disponibilité (%) | 78,5 | 80,7 | 79,7 | 78,0 | 80,9 | 80,8 | 79,6 | 77,1 | 76,5 | 74 |
| 10 | Indisponibilité fortuite (%) | 5,2 | 2,2 | 2,8 | 2,6 | 2,4 | 2,48 | 2,02 | 3,26 | 3,7 | 3,95 |
| 11 | Taux de fréquence des accidents du travail avec arrêt Tfg (pour 1 million d'heures travaillées)[4] | 4,1 | 3,9 | 3,5 | 3,3 | 3,2 | 2,7 | 2,8 | 2,2 | 2,3 | 3,3 |
| 12 | Taux de fréquence des accidents du travail avec arrêt LTIR (pour 1 million d'heures travaillées)[4] | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 2,4 |

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 (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.*
4 *Taux de fréquence DPN et prestataires.*

## LES INDICATEURS DE RÉSULTATS DU PARC NUCLÉAIRE D'EDF ENERGY

| N° | Indicateurs | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Nombre d'événements classés dans l'échelle INES (1 et plus), par réacteur | 0,93 | 1,33 | 0,80 | 0,80 | 0,33 | 0,47 | 0,27 | 0,47 | 0,53 | 0,27 |
| 2 | Nombre d'événements sûreté dans l'échelle INES (0 et plus) par réacteur[1] | 5,60 | 4,70 | 4,60 | 5,13 | 4,47 | 7,40 | 10,00 | 6,13 | 5,93 | 6,33 |
| 3 | Nombre de cas de non-conformité aux STE, par réacteur | 0,60 | 0,33 | 1,67 | 0,67 | 1,53 | 1,00 | 0,80 | 0,60 | 0,60 | 0,60 |
| 4 | Nombre de non-conformités[2] de configuration de circuits par réacteur | 0,60 | 0,33 | 3,07 | 3,33 | 2,80 | 2,87 | 3,13 | 0,93 | 1,67 | 1,67 |
| 5 | Nombre d'arrêts du réacteur, par réacteur (et pour 7 000 heures de criticité[3])<br>• Automatiques<br>• Manuels | <br>0,58<br>1,68 | <br>0,74<br>1,22 | <br>0,64<br>0,84 | <br>0,45<br>1,03 | <br>1,17<br>0,62 | <br>0,57<br>0,19 | <br>0,3<br>0,42 | <br>0,49<br>0,37 | <br>0,89<br>0,20 | <br>0,56<br>0,32 |
| 6 | Dose opérationnelle collective moyenne, par tranche en service (en hSv)<br>• PWR<br>• AGR | <br>0,271<br>0,018 | <br>0,537<br>0,084 | <br>0,037<br>0,063 | <br>0,386<br>0,034 | <br>0,365<br>0,074 | <br>0,048<br>0,067 | <br>0,544<br>0,021 | <br>0,296<br>0,020 | <br>0,096<br>0,050 | <br>0,255<br>0,032 |
| 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 | 43 | 43 | 50 | 27 | 27 | 18 | 20 | 10 | 23 | 28 |
| 9 | Disponibilité (%) :<br>• Parc EDF Energy<br>• PWR<br>• AGR | <br>65,7<br>45,6<br>67,1 | <br>72,0<br>82,5<br>71,3 | <br>78,0<br>89,2<br>76,3 | <br>78,9<br>83,0<br>78,2 | <br>72,1<br>84,1<br>70,2 | <br>77,3<br>100<br>73,7 | <br>83,0<br>82,0<br>83,1 | <br>81,6<br>83,8<br>81,2 | <br>76,1<br>89,4<br>74,0 | <br>65,8<br>80,6<br>63,5 |
| 10 | Indisponibilité fortuite (%) :<br>• Parc EDF Energy<br>• PWR<br>• AGR | <br>19,6<br>54,3<br>17,1 | <br>13,0<br>3,4<br>13,7 | <br>8,9<br>9,9<br>8,7 | <br>6,9<br>0,2<br>7,9 | <br>10,7<br>0,7<br>12,3 | <br>2,3<br>0<br>2,7 | <br>5,1<br>0,1<br>5,8 | <br>5,0<br>0,0<br>5,7 | <br>3,1<br>2,2<br>3,3 | <br>4,0<br>0,2<br>4,7 |
| 11 | Taux de fréquence des accidents du travail avec arrêt LTIR (pour 1 million d'heures travaillées)[4] | 0,4 | 0,6 | 0,5 | 0,2 | 0,2 | 0,4 | 0,3 | 0,2 | 0,5 | 0,3 |

1 *Hors événements dits génériques (événements dus à des anomalies de conception).*
2 *Toute configuration d'un circuit ou ses sources, en écart par rapport à la situation attendue, et étant la ou une cause d'un événement significatif.*
3 *Valeur moyenne de tous les réacteurs à la différence de la valeur WANO, qui prend en compte la valeur du réacteur médian.*
4 *Taux de fréquence EDF Nuclear Generation et prestataires.*

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

- **Ligne 2 :** le mode de déclaration des événements à l'Autorité de sûreté du Royaume-Uni **a évolué en 2015,** conduisant à déclarer plus d'événements qu'auparavant.
- **Lignes 3, 4 et 8 :** les pratiques de déclaration des événements sont différentes au Royaume-Uni et en France, compte tenu des exigences des autorités de sûreté respectives. **À partir de 2012, EDF Energy et EDF SA ont harmonisé leurs pratiques de classification de ces événements.**
- **Ligne 6 :** les réacteurs des deux parcs nucléaires ne sont pas de la même technologie (essentiellement AGR pour le Royaume-Uni, et REP en France). Les AGR sont, par conception, de l'ordre de 10 fois moins-dosants (référence WANO).

# 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 | - |
| 1977 | Fessenheim 2 | 880 | 1990 | 2000 | 2011 | - |
| 1978 | Bugey 2 | 910 | 1989 | 2000 | 2010 | - |
| 1978 | Bugey 3 | 910 | 1991 | 2002 | 2013 | - |
| 1979 | Bugey 4 | 880 | 1990 | 2001 | 2011 | - |
| 1979 | Bugey 5 | 880 | 1991 | 2001 | 2011 | - |
| 1980 | Dampierre 1 | 890 | 1990 | 2000 | 2011 | - |
| 1980 | Dampierre 2 | 890 | 1991 | 2002 | 2012 | - |
| 1980 | Gravelines 1 | 910 | 1990 | 2001 | 2011 | - |
| 1980 | Gravelines 2 | 910 | 1991 | 2002 | 2013 | - |
| 1980 | Gravelines 3 | 910 | 1992 | 2001 | 2012 | - |
| 1980 | Tricastin 1 | 915 | 1990 | 1998 | 2009 | 2019 |
| 1980 | Tricastin 2 | 915 | 1991 | 2000 | 2011 | - |
| 1980 | Tricastin 3 | 915 | 1992 | 2001 | 2012 | - |
| 1981 | Blayais 1 | 910 | 1992 | 2002 | 2012 | - |
| 1981 | Dampierre 3 | 890 | 1992 | 2003 | 2013 | - |
| 1981 | Dampierre 4 | 890 | 1993 | 2004 | 2014 | - |
| 1981 | Gravelines 4 | 910 | 1992 | 2003 | 2014 | - |
| 1981 | St-Laurent B1 | 915 | 1995 | 2005 | 2015 | - |
| 1981 | St-Laurent B2 | 915 | 1993 | 2003 | 2013 | - |
| 1981 | Tricastin 4 | 915 | 1992 | 2004 | 2014 | - |
| 1982 | Blayais 2 | 910 | 1993 | 2003 | 2013 | - |
| 1982 | Chinon B1 | 905 | 1994 | 2003 | 2013 | - |
| 1983 | Blayais 3 | 910 | 1994 | 2004 | 2015 | - |
| 1983 | Blayais 4 | 910 | 1995 | 2005 | 2015 | - |
| 1983 | Chinon B2 | 905 | 1996 | 2006 | 2016 | - |
| 1983 | Cruas 1 | 915 | 1995 | 2005 | 2015 | - |
| 1984 | Cruas 2 | 915 | 1997 | 2007 | 2018 | - |
| 1984 | Cruas 3 | 915 | 1994 | 2004 | 2014 | - |
| 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 | - | - |
| 1987 | Cattenom 2 | 1300 | 1998 | 2008 | 2018 | - |
| 1987 | Chinon B4 | 905 | 2000 | 2010 | - | - |
| 1987 | Nogent 1 | 1310 | 1998 | 2009 | 2019 | - |
| 1988 | Belleville 2 | 1310 | 1999 | 2009 | 2019 | - |
| 1988 | Nogent 2 | 1310 | 1999 | 2010 | - | - |
| 1990 | Cattenom 3 | 1300 | 2001 | 2011 | - | - |
| 1990 | Golfech 1 | 1310 | 2001 | 2012 | - | - |
| 1990 | Penly 1 | 1330 | 2002 | 2011 | - | - |
| 1991 | Cattenom 4 | 1300 | 2003 | 2013 | - | - |
| 1992 | Penly 2 | 1330 | 2004 | 2014 | - | - |
| 1993 | Golfech 2 | 1310 | 2004 | 2014 | - | - |
| 1996 | Chooz B1 | 1500 | 2010 | - | - | - |
| 1997 | Chooz B2 | 1500 | 2009 | 2019 | - | - |
| 1997 | Civaux 1 | 1495 | 2011 | - | - | - |
| 1999 | Civaux 2 | 1495 | 2012 | - | - | - |

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

(*) 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 RUP (1) | Date prévue de mise à l'arrêt définitif (2) |
|---|---|---|---|---|
| 1976 | Hinkley Point B | R3 | 480 | 2023 |
| 1976 | Hinkley Point B | R4 | 475 | 2023 |
| 1976 | Hunterston B | R3 | 480 | 2023 |
| 1976 | Hunterston B | R4 | 485 | 2023 |
| 1983 | Dungeness B | R21 | 525 | 2028 |
| 1983 | Dungeness B | R22 | 525 | 2028 |
| 1983 | Heysham 1 | R1 | 580 | 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 |

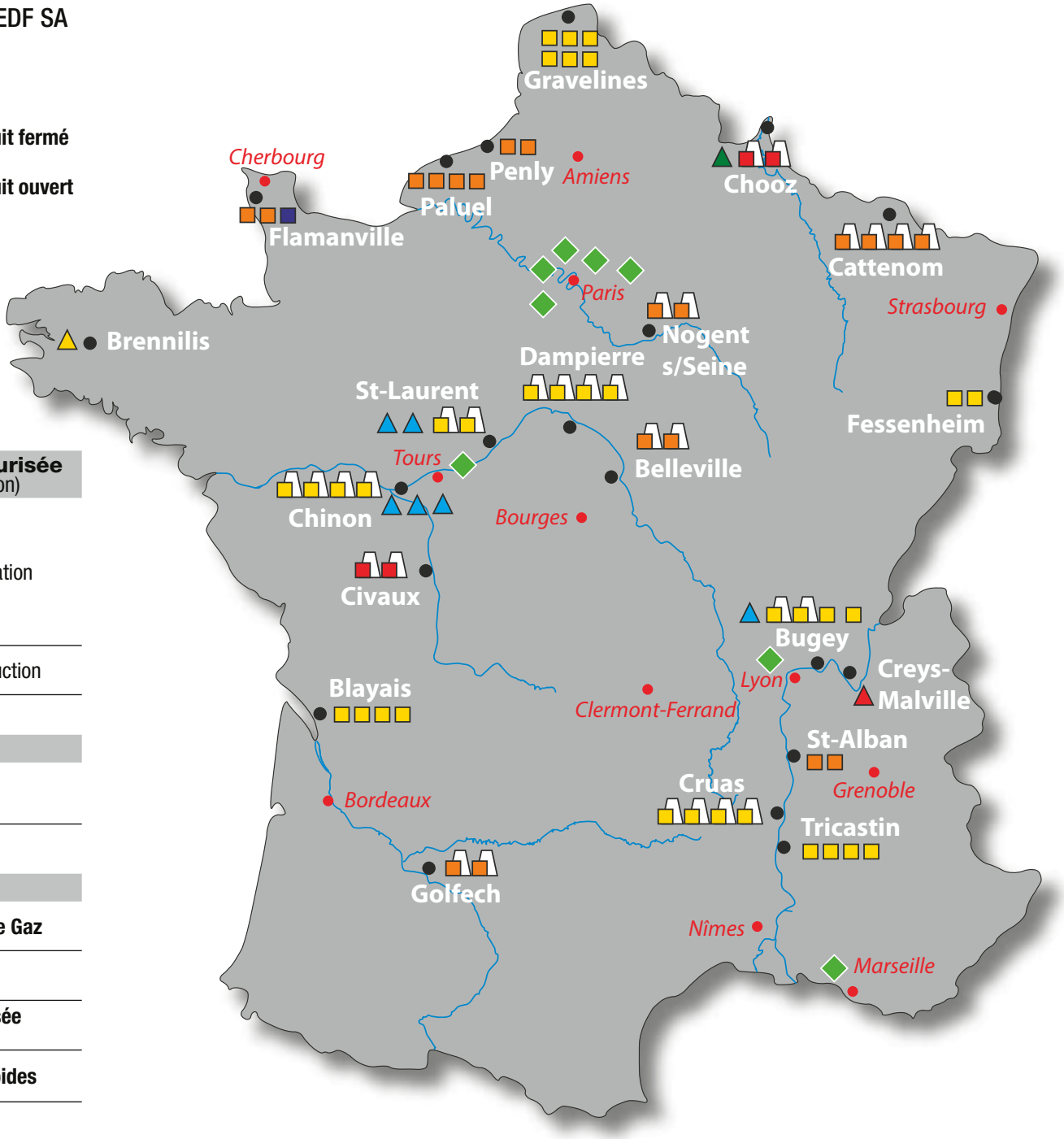
(1) RUP (Reference Unit Power) :
Puissance électrique de référence de l'unité de production déclarée par EDF Energy dans les transactions journalières, fin 2014.

(2) Dates de mise à l'arrêt incluant toutes les décisions d'extension de la durée de fonctionnement, mises à jour en 2016 pour les réacteurs de Heysham, Hartlepool et Torness.

# LES SITES NUCLÉAIRES D'EDF SA

Refroidissement en circuit fermé

Refroidissement en circuit ouvert




**Réacteurs à eau pressurisée**
(exploitation et construction)

| | | |
|---|---|---|
| 34 | 900 MWe | |
| 20 | 1 300 MWe | Exploitation |
| 4 | 1 450 MWe | |
| 1 | 1 600 MWe (EPR) | Construction |

**Ingénierie**

8 Ingénierie

**Déconstruction**

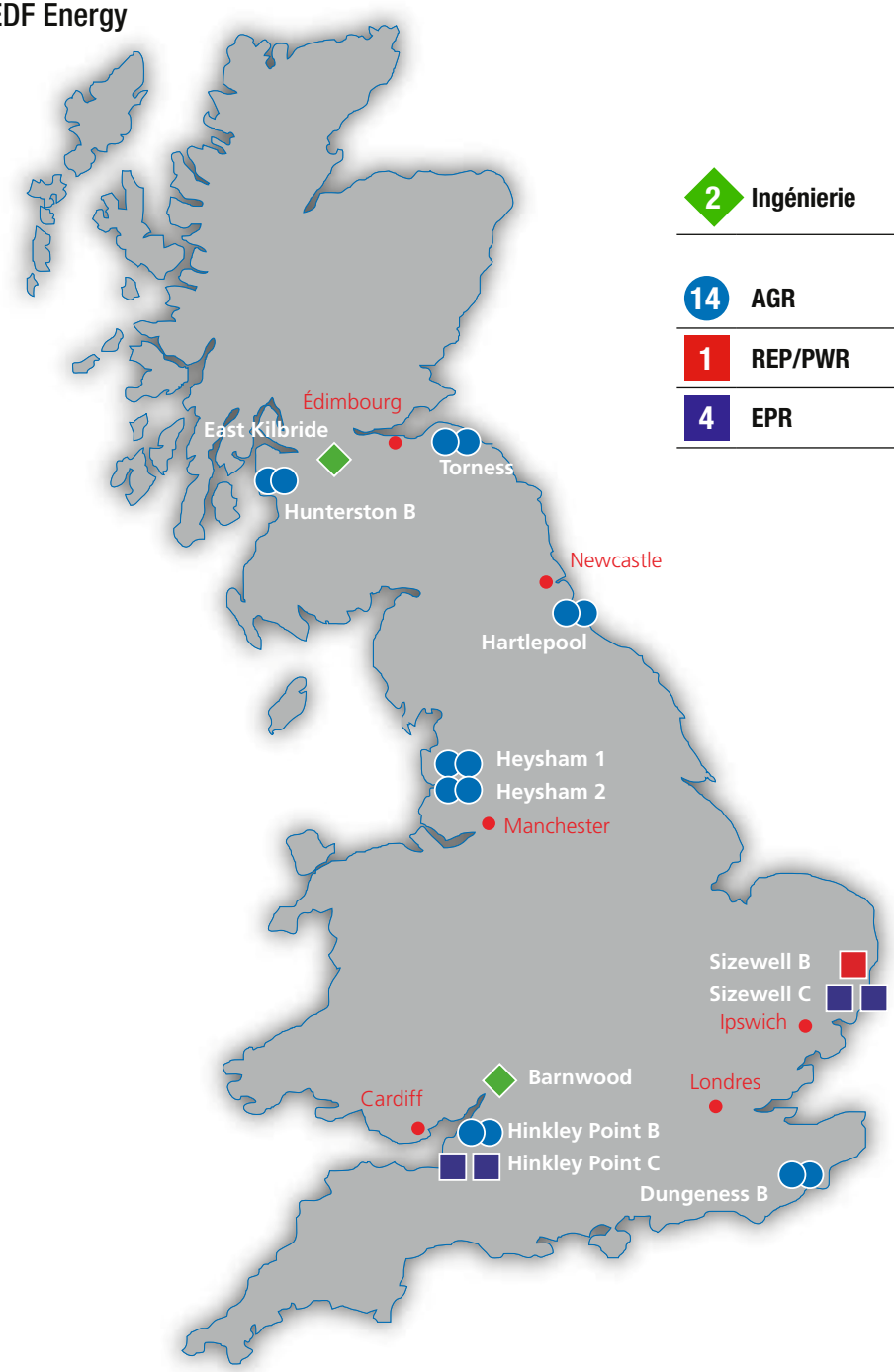
6 Uranium Naturel Graphite Gaz

1 Eau Lourde

1 Réacteur à eau pressurisée (300 MWe)

1 Réacteur à Neutrons Rapides

# LES SITES NUCLÉAIRES D'EDF Energy



# LES SITES DE FRAMATOME

## États-Unis

1. Benecia
2. Charlotte
3. Cranberry
4. Jacksonville
5. Houston
6. Lynchburg
7. Richland

## Chine

1. Pékin
2. Lianyungang
3. Fuqing
4. Shanghai
5. Taishan
6. Deyang
7. Haiyan
8. Daya Bay

## Reste du monde

8. Japon : Tokyo
9. Corée du Sud : Séoul
10. République tchèque : Prague
11. Russie : Moscou
12. Ukraine : Kiev
13. Bulgarie : Sofia
14. Slovaquie : Bratislava
15. Hongrie
16. Suède : Helsingborg
17. Espagne : Zaragoza, Tarragona, Madrid
18. Royaume-Uni : Londres
19. Afrique du Sud : Le Cap
20. Argentine
21. Brésil : Rio de Janeiro / Angra dos Reis
22. Canada : Pickering / Kincardine

## France

1. Cadarache
2. Chalon-sur-Saône
3. Grenoble
4. Jarrie
5. Jeumont
6. Le Creusot
7. Lyon
8. Maubeuge
9. Montreuil-Juigné
10. Paimbœuf
11. Paris La Défense
12. Rugles
13. Romans-sur-Isère
14. Rungis
15. Saint-Marcel
16. Sully-sur-Loire
17. Ugine

## Allemagne

1. Berlin
2. Erlangen
3. Karlstein
4. Lingen

# 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'Energie Atomique et aux Energies 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 métiers |
| 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 Dédiée 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 | Évoluer 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'Energie 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 | Manageur de Deuxième Ligne |
| MEEI | Maintenir un État Exemplaire des Installations (projet de la DPN) |
| MME | Méthodes de Maintenance et d'Exploitation |
| MPL | Manageur 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 Sûreté (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

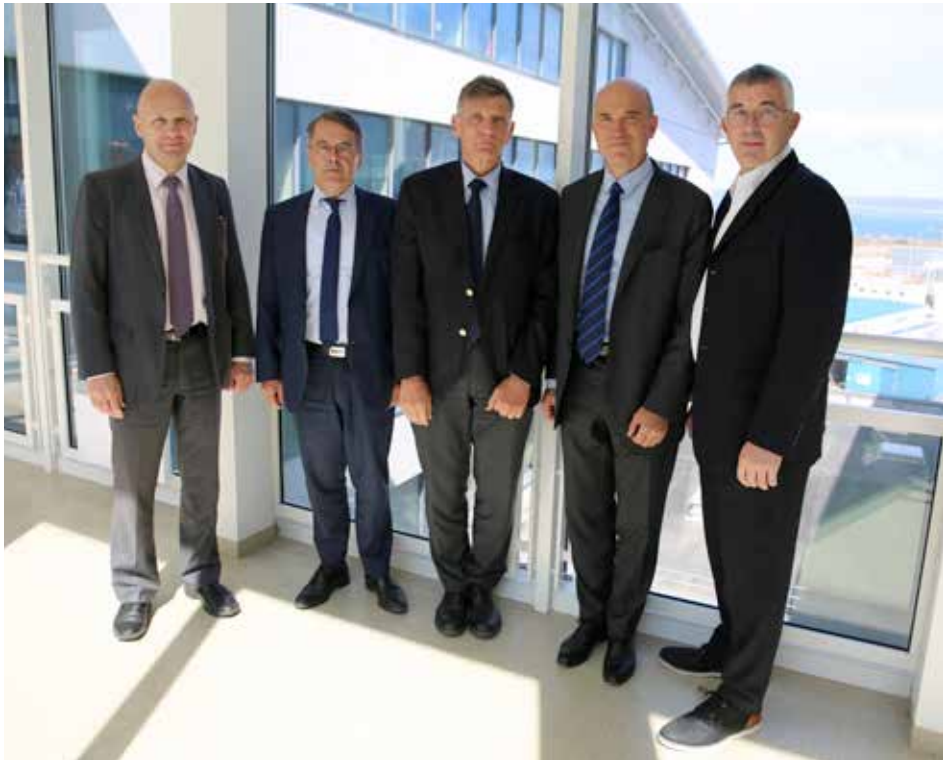
| | |
|---|---|
| UFPI | Unité de proFessionalisation pour la Perfomance Industriel (DTEAM) |
| UGM | Université Groupe du Management |
| UNGG | Uranium Naturel Graphite Gaz |
| UNIE | UNité d'Ingénierie d'Exploitation (DPN) |
| UTO | Unité Technique Opérationnelle (DPN) |

## V

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

## W

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



*André PALU, Jean-Michel FOURMENT, François de LASTIC, Bertrand de L'ÉPINOIS, Stephen PREECE*

## CRÉDITS PHOTOGRAPHIQUES

Marc CARAVEO — Centrale de Torness — Damien CHARFEDDINE — CNPE de Belleville — CNPE de Bugey — CNPE de Chinon — CNPE de Civaux — Keith COLLINS — Consortium NUWARD — Marc DIDIER — Cyrille DUPONT — EDF CNEPE — EDF Energy — EDF Médiathèque — EDF R&D — Philippe ERANIAN — Mario FOURMY — FRAMATOME — Franck GAUDEL — GIE Intra — Julien GOLDSTEIN — René GRAMME — IRSN — Alexis MORIN — Guillaume NOC — Anthony RAKUSEN — Bony / SIPA — Antoine SOUBIGOU — Stibou — WESTINGHOUSE.

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

www.edf.com