

Fontenay-aux-Roses, le 7 janvier 2021

Monsieur le Président de l'Autorité de sûreté nucléaire

AVIS IRSN N° 2021-00001

Objet	EDF – Réacteurs électronucléaires Situations couvertes à « Fukushima + 10 ans »
Réf.	[1] Saisine ASN - CODEP-DCN-2020-048897 du 8 octobre 2020 [2] Avis IRSN 2017-00002 du 3 janvier 2017 [3] Lettre ASN CODEP-DCN-2019-013282 du 14 avril 2019

Dans le cadre du retour d'expérience de l'accident de Fukushima-Daiichi, l'ASN a adressé en 2012 aux exploitants d'installations nucléaires de base un ensemble de prescriptions techniques visant à définir un « noyau dur » de dispositions matérielles et organisationnelles afin d'augmenter la robustesse des installations à l'égard des agressions d'intensité supérieure aux agressions retenues pour leur dimensionnement. En 2014, l'ASN a ensuite adressé un second ensemble de prescriptions techniques afin de définir les exigences associées au noyau dur.

Lors de l'accident de Fukushima-Daiichi, plusieurs réacteurs ont été totalement privés de source froide (situation dite « H1 ») et d'alimentation électrique (situation dite « H3 »). L'intensité du tsunami a dépassé les niveaux des protections mises en place et a affecté le site dans son ensemble et pendant une longue durée.

En France, des situations de type H1 ou H3 ont été anticipées dès l'époque de la conception des réacteurs exploités par EDF. Elles n'ont toutefois pas été considérées comme faisant partie du « domaine de dimensionnement », mais d'un domaine dit « complémentaire », et ont été étudiées selon des règles d'étude moins conservatives. De plus, ces situations ont été étudiées en considérant qu'elles ne pouvaient affecter qu'un seul réacteur à la fois, pour une durée limitée, et en supposant qu'elles résultaient d'une agression d'un niveau conventionnel.

Pour tenir compte du retour d'expérience de l'accident de Fukushima-Daiichi et améliorer la gestion des situations H1 et H3 qui affecteraient pour une longue durée un site dans son ensemble, et en réponse aux prescriptions techniques de l'ASN, EDF a prévu des dispositions déployées en trois phases successives et suivant une certaine gradation :

- 1) la phase 1 (2012 – 2015) prévoit des dispositions visant à couvrir des « situations H1 (perte totale de la source froide) ou H3 (perte totale des alimentations électriques) plus sévères que celles considérées par les référentiels de sûreté en vigueur en termes de situations cumulées (H1+H3), de nombre de tranches concernées sur un même site et de durée ». Cette phase est achevée ;
- 2) la deuxième phase (2015 – 2021) prévoit « une meilleure couverture des situations H1 et H3 par rapport à la phase 1, en allant significativement au-delà des référentiels de sûreté en vigueur » ;
- 3) enfin, la dernière phase prévoit « le déploiement d'un noyau dur de dispositions matérielles et organisationnelles avec pour objectif d'éviter des rejets radioactifs massifs et des effets durables dans l'environnement pour des situations extrêmes potentiellement consécutives à une agression externe extrême ».

Le calendrier industriel retenu par EDF implique ainsi que les derniers réacteurs du parc électronucléaire disposeront d'un noyau dur complet et totalement opérationnel face aux risques d'aléas extrêmes après 2030.

En réponse à la demande de l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) citée en première référence, l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN) a établi, dix ans après l'accident de Fukushima-Daiichi, un état des lieux des améliorations de sûreté apportées par EDF pour ce qui concerne la gestion des situations accidentelles et en particulier les situations H1 et H3 de site et de longue durée.

Compte tenu du retour d'expérience de l'accident de Fukushima-Daiichi ainsi que de certains événements précurseurs s'étant produits sur le parc en exploitation, l'IRSN considère que les situations H1 et H3 de site et de longue durée, résultant d'une agression de niveau « conventionnel », devraient être justifiées dans la démonstration de sûreté par des études et une conduite accidentelle proposée, du type de celles correspondant aux situations du domaine complémentaire¹. En cas de situation réelle, des moyens mobiles de secours (MMS) et la Force d'action rapide nucléaire d'EDF, pourraient être mises en œuvre pour pallier la défaillance des moyens matériels valorisés dans la démonstration de sûreté et renforcer les équipes locales. Dans sa demande en première référence, l'ASN demande ainsi à l'IRSN de distinguer les améliorations apportées « au titre de la démonstration de sûreté », de celles qui sont apportées « au titre de la robustesse ».

Des améliorations de la gestion des situations de crise apportées au titre de la robustesse

Depuis l'accident de Fukushima-Daiichi, EDF a fait évoluer l'organisation prévue en situation d'urgence, qui prenait déjà en compte, depuis l'inondation partielle de la centrale du Blayais fin 1999, des situations affectant l'ensemble des réacteurs d'un site et les difficultés potentielles d'accès. Cette organisation est définie dans le Plan d'urgence interne (PUI) de chaque site et a par ailleurs évolué en application de la décision 2017-DC-0592 de l'ASN dite « décision urgence ».

Le PUI définit en particulier l'organisation à mettre en œuvre pour traiter :

- des situations d'urgence affectant les fonctions support de plusieurs réacteurs ;
- des situations d'urgence affectant une piscine de désactivation du combustible ;
- des situations d'urgence retardant le ralliement des équipes de crise (site isolé) et le renfort extérieur par la force d'action rapide nucléaire (FARN).

¹ Domaine complémentaire : les études déterministes des conditions de fonctionnement de dimensionnement sont complétées par une vérification probabiliste du niveau de sûreté de l'installation au moyen d'Études Probabilistes de Sûreté (EPS), qui permettent d'évaluer en particulier le risque de fusion du cœur. Cette approche probabiliste est donc complémentaire de l'approche déterministe. Les nouvelles parades qu'elle conduit à mettre en œuvre sont appelées dispositions complémentaires (dispositions matérielles ou dispositions de conduite) et visent à réduire le risque global de fusion du cœur.

La FARN dispose de moyens humains et techniques complémentaires et peut intervenir en moins de 24 heures sur un site accidenté ; des moyens plus lourds peuvent être acheminés en quelques jours. En parallèle, des points de raccordement aux installations ont été identifiés et équipés pour faciliter la mise en place des moyens de la FARN. EDF a également entrepris de renforcer ou compléter certains locaux ou matériels existants sur les sites, en particulier les locaux de gestion de crise et les moyens de communication.

Ces dispositions, déployées lors de la phase 1 du programme d'EDF, sont en place depuis 2015. Elles n'ont pas fait l'objet d'une expertise de la part de l'IRSN dans le cadre de cet avis. L'IRSN relève simplement que ces dispositions sont globalement comparables à celles mises en œuvre à l'international pour des installations de même type, la FARN constituant un atout particulier d'EDF pour maîtriser les situations accidentelles.

L'importance de la conformité des installations pour la maîtrise des situations redoutées

Disposer de moyens et de procédures de conduite afin de faire face aux situations accidentelles du type H1 et H3 est essentiel, tout autant que le niveau de confiance dans la disponibilité et la fiabilité de ces moyens.

Ainsi, à la suite de l'accident de Fukushima-Daiichi, EDF a d'abord réalisé un bilan de l'état de ses installations, au vu de l'ensemble des contrôles déjà effectués et de contrôles spécifiques supplémentaires. L'objectif de ce bilan était notamment de vérifier la conformité de ses installations aux exigences de sûreté, en particulier des dispositions contribuant à la robustesse des installations à l'égard du séisme et de l'inondation.

Des remises en conformité ont été réalisées à la suite de ce bilan. Ensuite, EDF a engagé diverses actions afin d'améliorer et de pérenniser la maîtrise de la conformité de ses installations à leurs référentiels de sûreté, en faisant en particulier évoluer ses processus de gestion des écarts de conformité.

Cependant, dix ans après l'accident de Fukushima-Daiichi, des écarts de conformité susceptibles de remettre en cause la gestion des situations accidentelles H1 et H3, ou d'accroître la probabilité d'occurrence de ces dernières, demeurent et sont, pour certains, susceptibles de perdurer.

Par exemple, un écart relatif à des phénomènes vibratoires en amont des motopompes du système permettant le refroidissement du cœur par les générateurs de vapeur dans certaines configurations de fonctionnement est présent sur une partie des réacteurs de 1300 MWe. Les vibrations observées au niveau des tuyauteries de ce système les fragilisent et peuvent à terme entraîner une fissuration voire une rupture d'une tuyauterie, ce qui conduirait à la perte de ce système. Ce système est nécessaire à la maîtrise d'une situation H1.

Par ailleurs, à la suite de demandes de l'ASN, EDF a contrôlé la majorité des sources électriques existantes. Ces contrôles ont permis de relever de nombreux défauts dont 55 étaient des écarts de conformité remettant potentiellement en cause la fonctionnalité des matériels en cas de séisme. À ce jour, les défauts découverts ont été résorbés. Les contrôles se poursuivent et seront finalisés au premier semestre 2022. Ces écarts augmentent la probabilité d'occurrence des situations H3, notamment en cas de séisme.

Dans son analyse, l'IRSN a tenu compte des écarts affectant les réacteurs du parc électronucléaire pouvant avoir un impact sur la probabilité d'occurrence des situations H1 et H3 de site résultant d'une agression de niveau « conventionnel » ou sur la maîtrise de ces situations. Les exemples repris ci-après portent plus particulièrement sur la maîtrise des situations H1 et H3.

La maîtrise des situations de perte de la source froide affectant un site dans la durée

Même à l'arrêt, le cœur du réacteur doit en permanence être refroidi pour évacuer la puissance résiduelle produite. Avant l'accident de Fukushima-Daiichi, la perte de la source froide d'un seul réacteur d'un site sur une durée de 100 heures était étudiée dans la démonstration de sûreté. EDF avait donc optimisé sa stratégie de conduite pour assurer le repli à l'état sûr d'un réacteur affecté par une situation H1. Pour les états initiaux du réacteur dans lesquels le circuit primaire est fermé, cette stratégie consiste à rejoindre un état où la puissance

résiduelle du combustible est évacuée par les générateurs de vapeur et à maintenir cet état pendant toute la durée de l'accident.

Depuis 2011, EDF a détecté des anomalies d'études susceptibles d'affecter la conduite des situations H1 concernant un réacteur. EDF a caractérisé ces anomalies et a depuis défini et mis en place des solutions palliatives, provisoires ou pérennes. Des solutions pérennes sont ou seront déployées dans le cadre du réexamen périodique associé aux quatrièmes visites décennales des réacteurs de 900 MWe, ou anticipées par rapport aux visites décennales pour les autres paliers. C'est le cas par exemple de l'augmentation des réserves d'eau nécessaires au refroidissement par les générateurs de vapeur².

Actuellement, les procédures de conduite incidentelle et accidentelle d'EDF en vigueur sur les réacteurs du parc en exploitation ne prévoient pas la gestion d'une situation H1 de site. En particulier, en cas de situation H1 affectant un site de réacteurs de 900 MWe, les moyens communs d'appoint en eau, partagés entre deux réacteurs appariés, pourraient ne pas être disponibles pour l'un des deux réacteurs. En support à un futur dossier d'amendement de la conduite visant à intégrer une gestion de ces situations dans les procédures de conduite incidentelle et accidentelle, EDF a fourni des études décrivant l'évolution des paramètres thermohydrauliques de la chaudière pendant les transitoires correspondants. Ces études restent toutefois à l'heure actuelle à compléter et à consolider. Par exemple, la maîtrise de la réactivité du cœur dans ces situations nécessite l'injection d'eau borée par une pompe du circuit de contrôle volumétrique et chimique (RCV). Or EDF n'a pas défini la solution qu'il retient dans ces conditions pour limiter l'échauffement de cette pompe et garantir ainsi son fonctionnement dans la durée. De plus, EDF s'appuie, pour certaines études, sur des calculs affectés des anomalies susmentionnées. Il conviendrait qu'EDF s'assure que ces anomalies ne remettent pas en cause les conclusions de ses études.

Ainsi, à l'heure actuelle, face à une telle situation, les équipes de crise devraient, dans la continuité des principes de conduite d'une situation H1 affectant un unique réacteur, utiliser au mieux les moyens disponibles pour assurer l'évacuation de la puissance résiduelle des réacteurs jusqu'à l'état de repli visé, puis leur maintien dans cet état.

Par ailleurs, d'après les calculs d'autonomie en eau, en tenant compte des réserves disponibles, le recours à une source d'eau supplémentaire est nécessaire à la gestion d'une situation H1 de site pour une majorité de réacteurs du parc électronucléaire. EDF a donc mis en place, dans le cadre de la deuxième phase de déploiement des dispositions post-Fukushima, une source d'eau ultime (puits, pompage d'une nappe souterraine, etc.). L'utilisation de cette source d'eau diversifiée serait décidée dans le cas où les solutions d'appoint prévues par la conduite incidentelle et accidentelle seraient toutes en échec.

Toutefois, du fait de difficultés techniques (production insuffisante de certains puits et qualité des nappes) ou liées aux études environnementales, 24 réacteurs ne disposeront pas de leur source d'eau diversifiée à fin 2021. Pour ces réacteurs, EDF a prévu des solutions alternatives provisoires avec l'utilisation de réserves en eau existantes ou l'installation de bâches souples. L'objectif d'EDF est de déployer ces solutions, qui constituent des sources d'eau ultimes répondant en partie aux exigences retenues par l'ASN, d'ici la fin de l'année 2021, et de finaliser le déploiement complet des sources d'eau ultimes définitives en 2022.

Ainsi, en tenant compte des sources d'eau ultimes pérennes et provisoires, les réserves en eau de l'ensemble des sites seront suffisantes d'ici fin 2021 pour gérer les situations H1 de site résultant d'agressions ou de cumul d'agressions d'un niveau conventionnel, et cela pour toute la durée estimée de ces situations, à l'exception du site de Gravelines. Pour le site de Gravelines, l'IRSN considère que des modifications des conditions d'exploitation sont possibles, de sorte que le site de Gravelines disposerait également d'ici fin 2021 de réserves en eau suffisantes à l'égard des situations considérées ici.

² Le volume nécessaire de ces réserves avait été sous-estimé du fait d'une anomalie de calcul relative aux situations où le circuit primaire est en thermosiphon à la suite de l'arrêt des pompes primaires principales.

Ainsi, à ce stade, l'IRSN souligne les améliorations de sûreté significatives apportées à la gestion des situations H1, et notamment le déploiement en cours de sources d'eau ultime et la disponibilité de plusieurs matériels fixes ou mobiles qui seraient utilisables par les équipes de crise dans de telles situations. La mise en place de sources d'eau ultimes constitue, dans son principe, une amélioration comparable à celles mises en œuvre sur des installations similaires à l'international.

Toutefois, EDF n'a pas fourni de démonstration de sûreté (c'est à dire d'études s'inscrivant dans le cadre du domaine complémentaire du rapport de sûreté, et reposant sur les procédures de conduite prévues) relative à la maîtrise d'une situation H1 de site.

La maîtrise des situations de perte totale des alimentations électriques affectant un site dans la durée

Une situation dite H3 est une situation de perte totale des alimentations électriques, incluant la perte des moyens de production électrique de secours de chaque réacteur, seuls les moyens d'alimentation électrique dits « ultimes » restant opérationnels. Avant l'accident de Fukushima-Daiichi, chaque site disposait d'un moyen³ ultime unique et autonome de production électrique pour rétablir rapidement, en moins de 4 heures, une alimentation électrique, et en conséquence, alimenter les matériels nécessaires au repli du réacteur.

La stratégie de conduite du réacteur, en cas de situation H3, consiste à refroidir l'eau du circuit primaire jusqu'à l'atteinte d'une pression suffisamment basse pour maintenir l'intégrité de ce circuit, compte tenu du risque de brèche au niveau des joints des pompes primaires.

Depuis l'accident de Fukushima-Daiichi, EDF a fait évoluer les procédures de conduite des situations H3 tout d'abord grâce au déploiement des matériels relevant de la première phase de son programme. Ces évolutions ont permis de renforcer la robustesse de la conduite prévue, notamment avec le déploiement d'un groupe électrogène de secours permettant d'alimenter les équipements de contrôle-commande nécessaires au repli du réacteur, l'éclairage de secours de la salle de commande et les mesures de niveau de la piscine du bâtiment du combustible.

Toutefois, comme pour les situations H1, la gestion des situations H3 est potentiellement affectée par des anomalies d'études et des écarts de conformité. Ces anomalies d'étude affectent en particulier l'estimation du risque de créer une brèche aux joints des pompes primaires.

Depuis 2015, EDF déploie pour chacun de ses réacteurs un groupe électrogène d'ultime secours à moteur Diesel, ou DUS. Cet équipement relevant du noyau dur a été conçu pour résister à des aléas extrêmes. Le dernier DUS sera mis en service en février 2021. La mise en place des DUS ainsi que leur valorisation dans les procédures de conduite permet de disposer d'un nouveau moyen de réalimentation de tout ou partie des matériels de sauvegarde de chaque réacteur y compris dans les situations H3 de site. Ainsi, en cas de situation H3 avec une brèche aux joints des pompes primaires, il permet d'assurer l'alimentation électrique d'une pompe permettant d'effectuer un appoint en eau borée au circuit primaire, pendant 42 h pour les réacteurs de 900 MWe et de 1300 MWe et 62 h pour les réacteurs de 1450 MWe⁴.

Toutefois, pour les réacteurs de 900 MWe, la pompe dite « de test » qui doit assurer le secours, en situation H3, de l'injection aux joints des pompes primaires, est commune à deux réacteurs et ne peut pas alimenter les deux en même temps. À cet égard, les procédures de conduite en application prévoient l'arrêt de la pompe de test en cas d'accident affectant deux réacteurs appariés.

Ainsi, dans cette situation, les opérateurs ne disposeraient pas forcément d'un moyen d'injection d'eau borée à haute pression dans le circuit primaire, ce qui ne permet pas de garantir, selon l'IRSN, la maîtrise de la réactivité tout au long du transitoire pour certaines conditions accidentelles initiales. À cet égard, l'IRSN note qu'EDF s'est

³ Groupe électrogène d'ultime secours pour le palier 900 MWe, turbine à combustion pour les paliers 1300 MWe et 1450 MWe.

⁴ Pour le palier 1450 MWe, la brèche ne doit pas dépasser 0,65 pouces.

engagé, dans le cadre du réexamen périodique associé aux quatrièmes visites décennales des réacteurs de 900 MWe, à remplacer la pompe de test des réacteurs de 900 MWe par deux pompes, une par réacteur, qualifiées aux conditions du noyau dur. L'IRSN estime que cette modification constituera une amélioration de sûreté importante.

Ainsi, à ce stade, l'IRSN souligne les améliorations de sûreté significatives apportées à la gestion des situations H3, et notamment l'installation des diesels d'ultime secours et la disponibilité de plusieurs matériels fixes ou mobiles qui seraient utilisables par les équipes de crise dans cette situation. La mise en service de diesels d'ultimes secours, actuellement quasiment achevée, constitue une amélioration se situant à l'état de l'art de celles mises en œuvre sur des installations similaires à l'international.

Toutefois, EDF n'a pas fourni de démonstration de sûreté (c'est à dire d'études s'inscrivant dans le cadre du domaine complémentaire du rapport de sûreté, et reposant sur les procédures de conduite prévues) relative à la maîtrise d'une situation H3 de site.

La piscine de désactivation du combustible

Pour la maîtrise des situations accidentelles affectant la piscine du bâtiment du combustible, le maintien sous eau des assemblages doit être assuré avec un haut degré de confiance car il garantit l'absence de conséquences radiologiques importantes dans l'environnement. La perte de la source froide (situation H1) conduit à la perte du refroidissement de la piscine dans laquelle sont stockés les assemblages de combustible usés. La gestion prévue de la situation consiste à évacuer la puissance résiduelle des assemblages par ébullition de l'eau de la piscine et à effectuer un appoint d'eau de manière à maintenir un niveau d'eau de la piscine suffisant, c'est à dire au-dessus des assemblages. Cette stratégie nécessite de laisser la vapeur d'eau s'échapper à l'extérieur du bâtiment du combustible pour éviter une montée en pression. L'appoint en eau peut être réalisé soit par le circuit d'eau déminéralisé, soit par le circuit d'eau utilisé pour la lutte contre l'incendie.

Dès 2010, EDF avait défini une conduite spécifique à la piscine de désactivation du combustible. L'accident de Fukushima-Daiichi a confirmé la pertinence de la stratégie prévue par EDF et celle-ci est pratiquement entièrement déployée sur tous les réacteurs à ce jour. Mais l'accident de Fukushima-Daiichi a également renforcé le besoin de fiabiliser les moyens d'appoint en eau pour compenser la perte engendrée par l'ébullition de l'eau de la piscine, dans l'attente du rétablissement du refroidissement de la piscine en boucle fermée. Ainsi, dans le cadre de la phase 2 du programme des actions post-Fukushima d'EDF, il est également envisagé d'utiliser la source d'eau ultime pour effectuer un appoint à la piscine de désactivation du combustible.

Enfin, pour permettre une reprise du refroidissement de la piscine dans les cas où le refroidissement par le système dédié est durablement affecté, EDF met en place dans le cadre des quatrièmes visites décennales des réacteurs de 900 MWe, un système de refroidissement mobile diversifié. Ce système permet dans ce cas la reprise du refroidissement de la piscine de désactivation du combustible en boucle fermée et ainsi la fermeture de l'exutoire du bâtiment combustible. Ce système est constitué d'une partie fixe et d'une partie mobile.

Il constitue une avancée notable pour la sûreté des réacteurs, dont le déploiement au rythme des visites décennales des réacteurs de 900 MWe permettra l'atteinte d'un état sûr (reprise du refroidissement en boucle fermée) dans la majorité des situations accidentelles susceptibles d'affecter les piscines, que ces situations soient initiées par une agression externe ou un événement interne. Ce système est également envisagé dans le cadre des prochains réexamens périodiques des réacteurs de 1300 et de 1450 MWe.

Contrairement à une situation H1, en cas de situation H3, les moyens pour l'appoint en eau de la piscine de désactivation du combustible par le système de production d'eau déminéralisée et le circuit de lutte contre l'incendie ne seraient pas disponibles. Dans le cadre des dispositions post-Fukushima, EDF a créé des piquages à l'extérieur des bâtiments pour faciliter le raccordement de moyens mobiles, disponibles sur le site ou acheminés par la FARN, sur l'ensemble des réacteurs d'un site. Ces piquages donnent la possibilité de réalimenter la piscine de désactivation du combustible à l'initiative des équipes de crise par des moyens mobiles déjà présents sur les

sites. Par ailleurs, le déploiement du DUS permet de réalimenter une pompe d'appoint à la piscine de désactivation du combustible.

À ce stade, l'IRSN souligne les améliorations de sûreté significatives apportées à la gestion accidentelle des situations susceptibles d'affecter la piscine du bâtiment du combustible, et notamment la mise en place de moyens d'appoint en eau supplémentaires et le déploiement d'un système de refroidissement mobile diversifié. La diversification de l'appoint en eau à la piscine du bâtiment du combustible constitue, dans son principe, une amélioration comparable à celles mises en œuvre sur des installations similaires à l'international.

A ce stade cependant, EDF n'a pas fourni de démonstration de sûreté relative à la piscine du bâtiment du combustible, au titre du domaine complémentaire du rapport de sûreté, en cas de situation H1 ou H3 de site et de longue durée.

Améliorations prévues à moyen terme

EDF va franchir une nouvelle étape à l'issue de l'achèvement de la phase 2 de son programme. Il a également prévu de présenter une conduite appropriée et les études associées à la gestion d'une situation H1 affectant tous les réacteurs d'un même site au premier semestre de l'année 2021, pour une mise en œuvre sur les sites en 2023.

Par contre, selon EDF, une situation H3 affectant tous les réacteurs d'un même site du parc électronucléaire n'est pas susceptible de se produire après une agression de niveau « conventionnel ». Sur ce point, l'ASN avait pourtant explicitement demandé à EDF [3] de « s'assurer que, à l'issue de la phase 2 de déploiement du noyau dur, [il soit] en mesure de gérer des situations H1 ou H3 affectant l'ensemble d'un site, pour les agressions du référentiel ». En l'état, si une telle situation H3 affectant plusieurs réacteurs simultanément se produisait néanmoins, la stratégie d'EDF reposerait sur l'utilisation des DUS et la gestion de la situation par les équipes de crise.

Améliorations prévues à long terme

La mise en œuvre de la totalité des dispositions du noyau dur sera achevée avec la phase 3 du programme d'EDF et s'effectuera au rythme des quatrièmes visites décennales des réacteurs de 900 et 1300 MWe et au rythme des troisièmes visites décennales des réacteurs de 1450 MWe. Elles viendront compléter et renforcer les dispositions des phases précédentes. Ces dispositions permettront de faire face aux agressions de niveau extrême. Seront déployés lors de cette phase :

- un nouveau moyen permettant d'évacuer la puissance résiduelle du réacteur ;
- un nouveau moyen permettant d'évacuer la puissance résiduelle de l'enceinte afin de limiter sa montée en pression ;
- un appoint ultime en eau ;
- un contrôle commande noyau dur ;
- le DUS (déjà opérationnel) qui permettra via une alimentation électrique dédiée d'alimenter l'ensemble des moyens du noyau dur.

Selon le calendrier de déploiement de ces dispositions défini par EDF, les derniers réacteurs disposeront d'un noyau dur complet opérationnel après 2030. L'IRSN souligne que l'ensemble des dispositions prévues par EDF apparaît comme à l'état de l'art des dispositions en place à l'international dans des installations similaires, et qu'EDF a déployé ou prévu de déployer un ensemble de moyens très complet pour faire face à des agressions extrêmes, aussi bien en termes de prévention de la fusion du cœur que de limitation de ses conséquences. Les délais de réalisation de ce programme sur les sites d'EDF apparaissent cependant plus importants que ce qui est constaté à l'international.

Conclusion

Dix ans après l'accident de Fukushima-Daiichi, les améliorations apportées par EDF pour maîtriser des situations de perte de la source froide ou des alimentations électriques (y compris les alimentations secourues) généralisées à un site et de longue durée sont significatives. EDF a déployé des moyens fixes, et prévu des moyens mobiles en complément, sur l'ensemble du parc en exploitation et dispose de moyens humains et techniques supplémentaires sous la forme notamment de la Force d'action rapide nucléaire.

Cependant, le programme de renforcement prévu par EDF n'est pas achevé, notamment en ce qui concerne les modifications visant à renforcer la robustesse des installations face à des agressions de niveau extrême, qui s'étendront a priori jusqu'à 2034. La mise en œuvre de ces modifications devra s'accompagner de la définition des stratégies de conduite permettant d'optimiser l'utilisation des moyens qui seront alors disponibles.

De même, malgré le renforcement des moyens de crise prévus, l'IRSN estime que les situations de perte totale des alimentations électriques ou de la source froide d'un site sur une longue durée, résultant d'agressions de niveau conventionnel, ne sont pas encore pleinement couvertes par la démonstration de sûreté et que leur maîtrise pourrait être affectée par les écarts et anomalies mentionnés plus haut. À ce stade, pour ces situations, EDF n'a en effet pas apporté de justification, incluant des études relevant du « domaine complémentaire » du rapport de sûreté, fondées sur des procédures de conduite accidentelle et incidentelle adaptées et intégrées aux règles générales d'exploitation des installations. Dans la mesure où le retour d'expérience montre que ces situations ne sont pas improbables, et ce même pour une agression de niveau conventionnel, l'IRSN estime qu'EDF doit compléter dans les meilleurs délais sa démonstration de sûreté et introduire, dans les règles générales d'exploitation, des procédures de conduite accidentelle adaptées.

IRSN

Le Directeur général

Par délégation

Karine HERVIOU

Directrice générale adjointe