

Fontenay-aux-Roses, le 27 mars 2020

Monsieur le Président de l'Autorité de sûreté nucléaire

Avis IRSN n° 2020-00049

Objet...	Réacteurs électronucléaires de 900 MWe - EDF - Réponse EDF à la demande CONF n° 5 de la lettre ASN sur les orientations génériques du réexamen périodique associé aux quatrièmes visites décennales des réacteurs de 900 MWe (VD4 900) : Essais particuliers pour les quatrièmes réexamens périodiques des réacteurs de 900 MWe
Réf(s) ..	[1] Lettre ASN/DCN - CODEP-DCN-2019-029898 du 12 août 2019. [2] Lettre ASN/DCN - CODEP-DCN-2016-007286 du 20 avril 2016. [3] Lettre ASN/DCN - CODEP-DCN-2013-013464 du 28 juin 2013. [4] Lettre ASN/DCN - CODEP-DCN-2019-019878 du 31 mai 2019. [5] Avis IRSN/2019-00062 du 6 mars 2019. [6] Avis IRSN/2019-00019 du 6 février 2019. [7] Avis IRSN/2018-00006 du 9 janvier 2018. [8] Avis IRSN/2018-00208 du 24 juillet 2018. [9] Avis IRSN/2019-00142 du 26 juin 2019. [10] Avis IRSN/2018-00216 du 30 juillet 2018. [11] Avis IRSN/2018-00043 du 23 février 2018.
Nbre de page(s) ...	27

À l'occasion de l'orientation du quatrième réexamen périodique de sûreté des réacteurs de 900 MWe, Électricité de France (EDF) a affiché vouloir prolonger significativement la durée de fonctionnement de ses réacteurs électronucléaires au-delà de 40 ans. L'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) a alors indiqué à EDF qu'elle attendait des propositions renforçant notablement l'étendue de l'examen de conformité des réacteurs à réaliser à l'occasion des réexamens périodiques de sûreté [3]. En effet, le retour d'expérience met notamment en évidence la survenue régulière d'écarts, l'insuffisance de certaines requalifications fonctionnelles ou encore le manque de représentativité ou d'exhaustivité de certains essais périodiques. En outre, de nombreuses modifications ont été réalisées depuis le démarrage des réacteurs et des écarts de conception, de réalisation ou de maintenance ont pu apparaître durant leurs 40 années d'exploitation. L'ASN a donc demandé à EDF la programmation et la réalisation d'essais particuliers lors du quatrième réexamen périodique des réacteurs de 900 MWe (RP4 900), complémentaires aux essais périodiques et aux essais de requalification¹.

Adresse Courrier
BP 17
92262 Fontenay-aux-Roses
Cedex France

Siège social
31, av. de la Division Leclerc
92260 Fontenay-aux-Roses

Standard +33 (0)1 58 35 88 88

RCS Nanterre 8 440 546 018

¹ Les essais périodiques ont pour objet de vérifier régulièrement la disponibilité des systèmes et des équipements accomplissant une fonction de sûreté. Ils sont réalisés au titre des règles générales d'exploitation (RGE). Les essais de requalification sont des essais réalisés à la suite d'une intervention de maintenance ou de modification de l'installation pour vérifier la conformité des systèmes et des équipements affectés par cette intervention.

L'objectif de ces essais particuliers est de vérifier, à l'issue de l'intégration des lots de modifications majeurs associés à la démonstration de sûreté RP4 900, le comportement fonctionnel d'ensemble des éléments importants pour la protection de la sûreté nucléaire (EIPS) vis-à-vis de leurs exigences définies et au regard des principales fonctions de sûreté.

Parmi ces essais, l'ASN a demandé à EDF de préciser et de justifier ceux qui seront à réaliser sur chaque réacteur et ceux qui pourront n'être effectués que sur un réacteur dit « tête de série », représentatif en termes de résultats attendus [2].

Dans sa saisine en référence [1], l'ASN demande à l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN) de se prononcer sur :

- la pertinence des essais proposés par EDF ;
- l'identification d'essais manquants ;
- la nécessité de réaliser ces essais sur un ou plusieurs réacteurs ;
- l'éventualité de réaliser des essais de fin de vie sur les réacteurs de Fessenheim dont l'arrêt définitif est prévu avant la fin de l'année 2020.

En conséquence, l'ASN demande à l'IRSN d'établir, en confrontant les propositions d'EDF à sa propre démarche, une liste d'essais à réaliser sur les EIPS pour les réacteurs faisant l'objet du réexamen RP4 900, ainsi que pour les réacteurs de Fessenheim. L'ASN demande également à l'IRSN de prendre en compte dans son avis les questions soulevées au cours du dialogue technique organisé avec l'Association nationale des comités et commissions locales d'information (ANCCLI).

1 DOSSIER PRÉSENTÉ PAR EDF

La méthodologie d'EDF d'identification d'essais particuliers a consisté à :

- définir des essais complémentaires aux essais de requalification, établis au titre de chaque dossier de modification, pour prendre en compte les risques engendrés par la concomitance des modifications intégrées lors du réexamen RP4 900 ;
- réinterroger la représentativité des essais de premier démarrage en étendant le champ de l'étude aux nouveaux systèmes installés en préalable et lors du réexamen RP4 900 ;
- analyser la complétude des programmes d'essais périodiques ;
- analyser le retour d'expérience des événements significatifs pour la sûreté intervenus lors de l'intégration des modifications depuis le précédent réexamen de sûreté VD3 900 ;
- analyser l'évolution des stratégies de conduite affectant les transitoires de dimensionnement et du nouveau domaine complémentaire² de la démonstration de sûreté.

Cet exercice a conduit EDF à identifier les essais suivants :

- essai des groupes électrogènes sur banc de charge et par « grands chauds ». Il sera réalisé sur tous les groupes électrogènes de secours des réacteurs de 900 MWe ;

² Le nouveau domaine complémentaire complète le domaine d'étude des accidents de référence en sélectionnant des séquences accidentelles jugés plausibles – notamment au regard d'études probabilistes de sûreté (EPS) – et en définissant des dispositions de mitigation de ces accidents afin de réduire le risque de fusion du cœur à un niveau jugé acceptable.

- essai de bon fonctionnement de la nouvelle distribution électrique issue de l'implantation du groupe électrogène d'ultime secours. Il sera réalisé sur un réacteur tête de série ;
- essai de refroidissement de la piscine de désactivation au travers du système mobile de refroidissement alimenté en eau brute au niveau de la source froide par une pompe immergée dans le canal d'amenée. Il sera réalisé sur tous les réacteurs de 900 MWe ;
- essai d'injection de la pompe de refroidissement d'ultime secours (EAS-U) dans les puisards de l'enceinte. Cet essai sera réalisé sur tous les réacteurs de 900 MWe.

2 ANALYSE DE L'IRSN

L'IRSN constate que la démarche d'examen d'EDF ne l'a conduit à identifier *in fine* qu'un seul essai particulier, puisque les trois derniers essais parmi les quatre listés ci-avant correspondent à des essais de requalification de modifications intégrées lors du réexamen de sûreté RP4 900. Récemment, EDF s'est engagé à compléter sa démarche d'identification des essais particuliers, en réexaminant, pour le 30 juin 2020, les exigences de sûreté ne faisant pas l'objet d'un essai périodique programmé au titre des règles générales d'exploitation (RGE) ou d'un contrôle équivalent. Pour ces exigences, EDF examinera la possibilité de réaliser un essai particulier dans le cadre du réexamen RP4 900 (cf. engagement n° 1 figurant en annexe 2).

L'IRSN considère que ce complément d'analyse est effectivement nécessaire. Toutefois, sans attendre son résultat, l'IRSN souligne que sa propre démarche d'identification le conduit à recommander la réalisation d'essais particuliers dans l'objectif de vérifier :

- la capacité d'équipements à fonctionner dans certaines configurations rencontrées en cas d'accident. Une partie de ces vérifications sera à réaliser sur un réacteur de Fessenheim mis à l'arrêt lorsqu'elles entraînent une dégradation ou un risque de dégradation ;
- la validation d'outils de calcul et de modélisation utilisés dans la démonstration de sûreté ;
- l'opérabilité de certains équipements en période de grands chauds ou en cas de dysfonctionnement de systèmes de ventilation et de climatisation ;
- le respect d'exigences de sûreté vérifiées uniquement lors des essais de démarrage³ des réacteurs ;
- la suffisance des performances d'équipements pour lesquels l'absence de dégradation dans le temps a été supposée ;
- le comportement ou l'absence de vieillissement et de dégradations inattendus pour un ensemble d'équipements et de matériaux jugés sensibles ;

L'IRSN souligne en effet que les essais particuliers à réaliser lors du réexamen RP4 900 doivent participer au renforcement notable de la démarche d'examen de la conformité des réacteurs demandé par l'ASN et répondant aux attentes de questions soulevées lors du dialogue technique organisé avec l'ANCCLI. Ces recommandations sont détaillées ci-après.

³ Programme d'essais réalisé sur site lors de la mise en service d'un réacteur, afin de vérifier que les EIPS respectent leurs exigences fonctionnelles. Le programme d'essais périodiques des RGE s'inspire de ce programme d'essais initial, tout en étant généralement moins complet.

2.1 Capacités fonctionnelles d'EIPS dans certaines situations accidentelles

Un exploitant nucléaire doit apporter la démonstration que les EIP sont aptes à accomplir leurs fonctions de sûreté en tenant compte des sollicitations et des conditions d'ambiance associées aux situations dans lesquelles ils sont nécessaires. Cette qualification initiale doit être maintenue au cours de l'exploitation de l'installation et, à cette fin, EDF a établi, au titre de ses RGE, des programmes d'essais périodiques comprenant des essais fonctionnels réalisés dans des conditions aussi proches que possible des conditions de fonctionnement incidentel ou accidentel dans lesquels un EIPS ou un ensemble d'EIPS est requis. Pour autant, ces conditions de réalisation doivent être compatibles avec la démonstration de sûreté, ne doivent mettre en jeu ni la sécurité du personnel ni l'intégrité des matériels, doivent limiter les impacts sur l'environnement et doivent éviter d'engendrer des transitoires pouvant conduire à un vieillissement accéléré.

La représentativité des essais périodiques est donc limitée par ces contraintes. L'IRSN estime que des essais particuliers, plus représentatifs que certains essais périodiques des RGE, sont à envisager à l'occasion du réexamen RP4 900 si des dispositifs et moyens spécifiques peuvent être mis en œuvre ou s'il est envisageable de réaliser ces essais sur un réacteur de Fessenheim à l'arrêt. C'est le cas des essais particuliers suivants.

Essai d'ouverture de la ligne de dépressurisation et de filtration de l'enceinte de confinement

Dans certaines situations d'accident grave, une ligne de dépressurisation et de filtration de l'enceinte de confinement (dispositif U5) pourrait être ouverte pour éviter une pressurisation excessive. Un essai périodique d'ouverture de cette ligne est réalisé en fin d'épreuve décennale de l'enceinte de confinement⁴ à une pression de 1,5 bars.abs. Cette pression est très inférieure à la pression d'ouverture théorique de cette ligne qui est comprise entre 5 et 6 bars.abs. De plus, le seul essai réalisé (à Cattenom 4, en 1990) pour vérifier le dimensionnement du dispositif de préchauffage de la ligne U5 permettant son conditionnement thermique avant l'éventage de l'enceinte, a mis en évidence que la batterie d'essai utilisée pour ce faire était sous-dimensionnée. Le dimensionnement des batteries finalement installées n'a jamais été vérifié par de nouveaux essais. En conséquence, l'IRSN recommande la réalisation d'un essai particulier d'ouverture de la ligne de dépressurisation et de filtration de l'enceinte sur un réacteur de Fessenheim à une pression située dans la plage d'ouverture de la ligne U5 (entre 5 et 6 bars.abs) ainsi qu'un essai de son dispositif de préchauffage. **Cette première recommandation formulée en annexe 1 a notamment pour objectif de vérifier l'opérabilité des vannes d'isolement à cette pression, la tenue mécanique et l'intégrité de la ligne de dépressurisation et de filtration de l'enceinte de confinement, ainsi que le bon dimensionnement de son dispositif de préchauffage.**

Essai de la fonction d'aspersion de l'enceinte de confinement avant et après passage en recirculation

Les essais périodiques réalisés sur les réacteurs ne permettent pas de tester en réel l'aspersion de l'enceinte de confinement. Il en est de même pour la fonction de filtration assurée par les puisards après le passage en recirculation des systèmes d'injection de sécurité (RIS) et d'aspersion (EAS). À l'occasion du réexamen de sûreté RP4 900, l'IRSN et EDF ont programmé des essais sur installations expérimentales afin de caractériser l'efficacité de la fonction de filtration et des systèmes de sauvegarde après le passage en recirculation. **L'IRSN estime qu'un essai particulier d'aspersion et de filtration en recirculation réalisé sur la centrale de Fessenheim dans des conditions compatibles**

⁴ L'épreuve décennale de l'enceinte de confinement est un essai périodique des RGE consistant à vérifier l'étanchéité de l'enceinte à une pression d'épreuve voisine de 5 bar.abs. Pour les réacteurs de Fessenheim, cette pression d'épreuve était de 4,73 bar.abs.

avec le démantèlement ultérieur d'un réacteur n'apporterait pas de plus-value par rapport aux essais déjà réalisés et restant à réaliser sur des installations expérimentales.

Étanchéité des traversées de l'enceinte de confinement aux conditions accidentelles

Les organes mécaniques des tuyauteries des traversées de l'enceinte font l'objet d'essais d'étanchéité à chaque arrêt pour rechargement. Ils sont testés à l'aide d'un banc d'essai à 20 °C en air sec et à une pression proche de 5 bar.abs. Dans ses règles d'essais, EDF utilise un coefficient de transposition pour estimer la valeur de leur fuite maximale en condition accidentelle (milieu diphasique en eau sous formes liquide et vapeur et température élevée). Selon EDF, ce coefficient a été défini à partir des lois d'écoulement de la mécanique des fluides et d'essais réalisés en laboratoire. Toutefois, EDF n'a pas apporté de précision sur la nature, le contenu et le résultat de ces essais. **En conséquence, l'IRSN formule la recommandation n° 2 présentée en annexe 1.**

Essais de moteurs électriques avec un déséquilibre de phase

Le retour d'expérience montre que, lorsqu'une phase électrique s'ouvre sur le réseau de transport, elle n'est pas obligatoirement détectée en amont ou en aval des transformateurs principaux ou de soutirage d'un réacteur électronucléaire. En effet, la tension au secondaire peut-être partiellement recomposée via les enroulements du transformateur et les tensions obtenues peuvent être supérieures aux seuils de détection tout en provoquant des échauffements et des vibrations au niveau des moteurs électriques des EIPS.

Sur ce sujet, EDF confirme l'intérêt de réaliser un essai d'« open phase condition » (OPC) sur un réacteur de Fessenheim mais précise qu'il doit au préalable réaliser une analyse de risque complète vis-à-vis de l'installation et obtenir l'autorisation du gestionnaire du réseau de transport d'électricité (RTE). **Il s'engage à présenter un point d'avancement de la préparation de cet essai en juin 2020 (cf. engagement n° 2 annexe 2). L'IRSN estime nécessaire la réalisation d'un tel essai (observation n° 1 présentée en annexe 3).**

Essais de fonctionnement du dispositif H4

En cas de perte des deux voies du système d'aspersion de l'enceinte (EAS) au cours d'un accident, un dispositif H4 (comportant un moyen de pompage) permet restaurer le refroidissement de l'enceinte de confinement et du cœur par un lignage spécifique traversant un échangeur du système EAS et injectant l'eau des puisards de l'enceinte dans le circuit primaire via une ligne d'injection de sécurité basse pression (ISBP)⁵.

Cette disposition n'est pas testée dans des conditions de représentativité satisfaisantes lors des essais périodiques des RGE et EDF a déclaré, en 2018, un événement significatif pour la sûreté relatif à un manque d'efficacité du dispositif H4. Dans ce contexte, l'ASN a demandé à EDF [4] d'étudier la réalisation d'un essai particulier permettant de vérifier la capacité de la pompe du dispositif H4 à injecter le débit requis dans le circuit primaire. En réponse, EDF propose de mesurer, lors de l'essai périodique réalisé usuellement sur la pompe du dispositif H4 d'un réacteur du Bugey, les pertes de charge engendrées sur la ligne d'injection par une pompe d'aspersion EAS et une pompe d'injection de sécurité basse pression (ISBP) à l'arrêt. En effet, une des particularités de la configuration du fonctionnement du dispositif H4 est le passage du fluide dans les pompes EAS et ISBP à l'arrêt. En cas d'écart

⁵ En situation accidentelle, le système d'injection de sécurité (RIS) permet d'injecter de l'eau dans le circuit primaire par un circuit haute pression ou par un circuit basse pression (ISHP et ISBP) afin d'éviter le découlement du cœur. Mais ce système ne comporte pas d'échangeurs de chaleur permettant d'évacuer l'énergie emmagasinée dans l'enceinte de confinement. Seul le système EAS dispose, avant réexamen RP4 900, d'échangeurs pouvant remplir cette fonction d'évacuation de l'énergie. Après intégration des modifications RP4 900, un système de refroidissement de l'enceinte d'ultime secours (EASu) permettra de restaurer l'évacuation de l'énergie du cœur et de l'enceinte en cas de perte totale du système EAS, en complément du dispositif H4.

significatif entre les valeurs mesurées de ces pertes de charge singulières et celles retenues dans ses études théoriques, EDF prévoit de recalculer sa modélisation.

L'IRSN estime que cet essai n'est pas suffisant pour statuer sur l'efficacité réelle du dispositif H4 dans sa configuration de fonctionnement accidentel. En effet, à la suite de la perte des deux voies du système EAS au cours d'un accident, une voie ISBP doit être maintenue en fonctionnement pour injecter de l'eau dans le circuit primaire en parallèle du dispositif H4, qui utilise conjointement la ligne d'aspiration d'une voie du circuit EAS (jusqu'en aval de son échangeur) et la ligne de refoulement de l'autre voie ISBP (à partir d'un piquage situé en amont de la pompe ISBP arrêtée). L'étude de l'écart de conformité du dispositif H4 a montré que le fonctionnement de la pompe ISBP maintenue en service restreignait l'injection d'eau froide par le dispositif H4 (les parties finales des lignes d'injection ISBP étant communes aux deux voies du système). La résorption de l'écart de conformité proposé par EDF consiste à modifier le lignage de la pompe ISBP maintenue en service pour réhausser le débit d'injection du dispositif H4. Or l'essai particulier envisagé par EDF ne permet pas de mesurer la perte de débit du dispositif H4 induite par le fonctionnement en parallèle d'une pompe ISBP. **Sur ce sujet, l'IRSN rappelle avoir formulé une recommandation concernant la réalisation d'un essai particulier de fonctionnement du dispositif H4 en parallèle d'une voie ISBP, afin de vérifier la capacité de la pompe du dispositif H4 à injecter les débits requis [5]. L'IRSN signale que cette recommandation, exprimée pour les réacteurs du palier CPY, est également applicable à un réacteur CP0 du Bugey.**

Par ailleurs, sur les réacteurs CPY, le dispositif H4 est un dispositif mobile, commun à l'ensemble des réacteurs d'une centrale. La possibilité de monter ce dispositif fait l'objet d'un essai décennal (présentation, montage, disponibilité de l'alimentation électrique de la pompe mobile) mais sans remplissage du circuit. Or, la pompe et les lignes d'injection de ce circuit sont situées à l'extérieur de l'enceinte de confinement alors qu'elles aspirent l'eau d'injection dans les puisards de l'enceinte. Le circuit H4 et les circuits auxquels il est connecté constituent donc une extension de la troisième barrière de confinement et doivent être étanches en cas d'accident.

En conséquence, l'IRSN estime que le dispositif H4 devra faire l'objet d'un essai en réel de montage et de mise en service sur au moins un réacteur de chaque centrale nucléaire du palier CPY, à l'occasion de l'essai particulier recommandé par l'avis en référence [5]. Lors de cet essai, l'étanchéité du montage devra être vérifiée au débit nominal d'injection.

Enfin, l'ASN et l'IRSN ont constaté que, sur un site, l'exploitant prépositionnait le dispositif H4 au sein d'un bâtiment de l'îlot nucléaire avant de réaliser l'essai décennal, ce qui n'est pas représentatif des conditions d'installation lors d'une situation accidentelle. **L'essai en réel du dispositif H4 (comme les essais décennaux) doit être réalisé sans préacheminement de la pompe H4.**

Essai de fonctionnement d'un GMPP sans injection aux joints

Les groupes motopompes du circuit primaire (GMPP) sont équipés de trois joints d'étanchéité placés en série au niveau de l'arbre de la pompe. Ces joints doivent être refroidis en permanence afin d'assurer leur intégrité et ainsi éviter l'apparition d'une brèche primaire. Ce refroidissement est assuré en condition de fonctionnement normal et accidentel par une injection d'eau froide aux joints des GMPP (IJPP) et par une barrière thermique. Toutefois, en cas de perte totale des alimentations électriques (situation H3), le refroidissement des joints par la barrière thermique est perdu et l'injection aux joints des GMPP est interrompue pendant environ deux minutes avant d'être reprise par une pompe (RIS 011 PO) alimentée par un turbo alternateur de secours (LLS). Mais si la situation H3 concerne deux réacteurs jumelés, l'un d'entre eux ne pourra pas bénéficier d'une injection aux joints de secours, la pompe RIS 011 PO étant commune à deux réacteurs.

Un essai de fonctionnement d'un GMPP sans injection aux joints ni refroidissement de sa barrière thermique pourrait être envisagé sur un réacteur de Fessenheim après son arrêt définitif pour quantifier le débit de fuite aux joints induit par cette situation. Mais des essais fonctionnels ont déjà été réalisés par EDF dans cet objectif sur une boucle d'essais. **De ce fait, l'IRSN considère qu'entreprendre un essai particulier sur un GMPP de Fessenheim n'apporterait a priori pas de plus-value par rapport aux essais déjà réalisés sur l'installation spécifiquement conçue à cet effet.**

Réglage du débit de la pompe RIS 011 PO en situation H3

En situation H3, une injection aux joints des GMPP est requise (voir paragraphe précédent). Ce débit d'injection alimente en eau le circuit primaire et peut entraîner une augmentation du niveau d'eau dans le pressuriseur qui pourrait conduire à une sollicitation d'une ligne de décharge du circuit primaire. Pour éviter cette sollicitation, les procédures de conduite accidentelle prévoient de maintenir le niveau de remplissage du pressuriseur à 50 % en réduisant le débit d'injection aux joints sans l'annuler totalement.

L'IRSN estime que le réglage du débit d'injection aux joints des GMPP en situation H3 est délicat sur les réacteurs CPY et pourrait conduire à une perte plus ou moins durable de cette fonction. Aussi, l'IRSN considère nécessaire qu'EDF vérifie l'opérabilité de cette procédure par un essai particulier, représentatif des conditions pénalisantes d'une situation H3, et formule sur ce point la recommandation n° 3 en annexe 1.

Essais de fermeture de robinets pneumatiques à manœuvre rapide

Les programmes d'essais périodiques ne vérifient pas forcément la capacité de fermeture d'un circuit dans des configurations de lignage et de débit représentatives de conditions de fonctionnement incidentel ou accidentel. Or le retour d'expérience montre que des surpressions inattendues conduisant à la sollicitation de soupapes de protection ou à la dégradation d'équipement⁶ peuvent survenir lors de la fermeture de robinets pneumatiques à manœuvre rapide dans des configurations particulières d'exploitation. Il ne peut être exclu que de tels dysfonctionnements surviennent lors de la sollicitation en réel d'un dispositif de sauvegarde tel que l'isolement automatique des traversées de l'enceinte de confinement. Or les conséquences d'un transitoire de surpression sont potentiellement gênantes pour la gestion d'un accident⁷. **En conséquence, l'IRSN formule la recommandation n° 4 exposée en annexe 1.**

Fonctionnement des pompes ASG avec un bas niveau dans leur bêche d'alimentation

En fonctionnement normal, lorsque le système d'alimentation de secours des générateurs de vapeur (ASG) est requis, les spécifications techniques d'exploitation (STE) imposent un niveau minimal de remplissage de la bêche ASG, proche de son niveau nominal. De ce fait, le fonctionnement des pompes ASG n'est jamais testé avec un niveau bas dans cette bêche alors que cette situation peut être rencontrée en fonctionnement accidentel. Or le retour d'expérience a montré que des phénomènes de pulsation de pression pouvaient être rencontrés dans cette configuration particulière d'exploitation sur les réacteurs de 1300 MWe. EDF a déclaré un écart de conformité sur ce sujet en 2010.

Des essais de caractérisation de ce phénomène pour un niveau bas de la bêche ASG ont alors été réalisés sur les motopompes ASG des réacteurs de 900 MWe sans révéler d'anomalie. Mais aucun essai équivalent n'a été effectué sur les turbopompes ASG car leur fonctionnement nécessite une alimentation en vapeur qui n'est disponible que lorsqu'un niveau haut dans la bêche ASG est requis. **À cet égard, EDF s'est engagé à analyser, pour le 30 avril 2020, la**

⁶ En 2018, sur le réacteur n° 1 de Flamanville, la fermeture intempestive d'une vanne pneumatique du système de contrôle volumétrique et chimique du circuit primaire (RCV) a provoqué l'ouverture d'une soupape de protection et une fuite sur la liaison corps/chapeau d'un robinet, situé à l'extérieur de l'enceinte.

⁷ Risque de détournement d'un débit nécessaire au refroidissement du cœur ou d'un système de sauvegarde après l'ouverture d'une soupape de protection, risque de brèche, risque d'inondation et de dissémination de radioactivité.

faisabilité d'un essai, après déchargement du cœur, d'une turbopompe ASG avec un niveau bas dans sa bêche, en utilisant la vapeur de la chaudière auxiliaire (STR) du site du Bugey ou de l'air comprimé provenant des compresseurs utilisés pour l'épreuve de l'enceinte (cf. engagement n° 3 en annexe 2).

L'IRSN prend acte de l'engagement d'EDF d'analyser la faisabilité de tels essais mais rappelle que, sans leur réalisation, la caractérisation du risque de phénomène vibratoire observé sur les motopompes du palier 1300 MWe restera incomplète pour les turbopompes (qui présentent la particularité d'avoir une vitesse de rotation réglable et un débit d'alimentation des GV deux fois plus important qu'une motopompe⁸). **L'IRSN estime que cet essai devra être réalisé sur au moins un réacteur du Bugey et un réacteur CPY, si l'analyse d'EDF ne met pas en évidence de problème rédhibitoire à sa mise en œuvre.** Cette analyse devra explorer les différentes solutions techniques envisageables pour entraîner la rotation et le fonctionnement en débit et en pression de l'hydraulique d'une turbopompe (entraînement en vapeur, en air comprimé ou par une motorisation électrique). **Ce point fait l'objet de la recommandation n° 5 en annexe 2.**

Essais de dispositifs d'aspersion incendie

L'efficacité des dispositifs d'aspersion incendie ne peut pas être testée en essais périodiques car cet essai provoquerait un endommagement des matériels aspergés.

Pour autant, dans le cadre de l'examen des essais particuliers RP4 900, EDF a confirmé l'intérêt d'un essai à réaliser sur la centrale de Fessenheim, dans un réacteur à l'arrêt, permettant de vérifier les hypothèses concernant le débit d'aspersion d'une rampe d'incendie. EDF déterminera, à l'échéance de fin 2020, le local et la phase d'exploitation dans lesquels réaliser cet essai, afin de limiter les risques pour les matériels requis. **L'IRSN estime que cet engagement d'EDF est satisfaisant (cf. engagement n° 4 en annexe 2).**

Effets des fumées sur le risque de dysfonctionnement d'équipements électriques

En cas d'incendie, des tableaux électriques peuvent être exposés à de la fumée. Ces fumées peuvent conduire à des dysfonctionnements des tableaux, par exemple, à la perte d'une fonction ou à la transmission d'ordres erronés. Ces dysfonctionnements peuvent survenir au cours de l'incendie, lorsque les départs électriques des équipements affectés ne sont pas encore coupés, ou après l'incendie, lorsque le départ de feu est rapidement maîtrisé et que les équipements du local sont déclarés disponibles.

Un essai est nécessaire pour vérifier l'absence d'impact d'une exposition d'un tableau électrique à de la fumée sur le court-terme (en cas de coupure de la voie) et le moyen terme (dans le cas où le départ de feu est maîtrisé et que le retour à la disponibilité est déclaré) sur des matériels ayant fonctionné sur un réacteur.

EDF s'engage à réaliser, en laboratoire, des essais de fonctionnement en présence de fumée sur des composants sensibles à leurs effets (équipements électroniques) prélevés sur des tableaux électriques du site de Fessenheim (engagement n° 5 en annexe 2). Ce prélèvement aura lieu après la mise à l'arrêt du bâtiment électrique prévue pour 2025. La sélection des équipements à prélever et une proposition de programme d'essais seront établies par EDF avant fin 2023.

L'IRSN estime que cette action est satisfaisante. Les protocoles d'essais prévus par EDF dans ce cadre devront être présentés en amont de leur réalisation, dans un délai suffisant pour permettre leur expertise.

⁸ La vitesse de rotation des turbopompes ASG est variable sur tous les réacteurs en fonctionnement. Le débit nominal d'une turbopompe des réacteurs de 900 MWe est deux fois supérieur à celui d'une motopompe. Le débit nominal des turbopompes et des motopompes des réacteurs de 1300 MWe et de 1450 MWe est identique.

2.2 Validation d'outils de calcul et de modélisation valorisés dans la démonstration de sûreté

Comme le mentionne l'article 3.8 de l'arrêté du 7 février 2012 relatif aux installations nucléaires de base (INB), la démonstration de sûreté nucléaire doit s'appuyer sur « *des outils de calcul et de modélisation qualifiés pour les domaines dans lesquels ils sont utilisés* ».

Pour autant, l'IRSN a identifié des lacunes de validation d'outils de calcul et de modélisation. L'IRSN estime que la réalisation d'essais particuliers permettrait dans certains cas de renforcer cette validation. Plusieurs exemples sont présentés ci-après.

Vérification du caractère conservatif des résultats des études thermiques du référentiel « Grands chauds »

Les études thermiques relatives aux risques induits par des températures extérieures élevées sont réalisées à l'aide d'un logiciel réalisant des calculs de thermoaérodynamique utilisés pour déterminer la température dans les différents locaux d'une centrale nucléaire. L'IRSN considère que l'utilisation de cet outil dans la réalisation des études thermiques comporte de nombreux postes d'incertitudes liés, entre autres, à l'absence de modélisation des phénomènes d'hétérogénéité de température dans les locaux. Aussi, l'IRSN estime nécessaire la réalisation d'essais particuliers dans l'objectif de conforter le caractère enveloppe :

- des résultats des études thermiques « Grands chauds » en comparant les températures calculées à l'aide du logiciel avec celles mesurées sur site en période de fortes chaleurs ;
- des puissances appelées par les batteries froides des systèmes de conditionnement thermique prises en compte dans les études thermiques « Grands chauds » et calculées à l'aide du logiciel ;
- des puissances dissipées par les matériels, utilisées en données d'entrée des études thermiques « Grands chauds », en particulier celles des gros dissipateurs de chaleur (pompes, armoires électriques, etc.).

Lors de l'examen par l'IRSN des études thermiques du référentiel « Grands Chauds » lors du réexamen RP4 900 des études d'agressions [6], EDF a indiqué qu'il transmettra une reprise de ces études à l'échéance de fin 2021 pour les locaux présentant des enjeux de sûreté importants et de faibles marges en température. Toutefois, si celles-ci ne permettent pas de démontrer la suffisance des marges, EDF définira les dispositions nécessaires au cas par cas pour garantir le respect de la température maximale admissible dans ces locaux. Enfin, EDF s'est engagé à réaliser, sur un réacteur en configuration VD4 et en période de forte chaleur, une campagne de mesures de température dans ces locaux pour démontrer le caractère conservatif des résultats des études thermiques du référentiel « Grands chauds ».

Dans le cadre de l'examen des essais particuliers RP4 900, EDF s'est engagé, à l'issue de cette campagne de mesures, à préciser le programme et le périmètre associé à des essais particuliers complémentaires répondant aux objectifs définis par l'IRSN, à l'échéance d'octobre 2020 (cf. engagement n° 6 en annexe 2). L'IRSN estime que cet engagement est satisfaisant si le périmètre de ces essais particuliers comprend *a minima* les locaux d'intérêt mentionnés dans l'observation n° 2 présentée en annexe 3.

Modélisation des effets d'un choc froid au sein des générateurs de vapeur (GV)

Certains accidents de la démonstration de sûreté se caractérisent par une vidange d'un ou de plusieurs GV côté secondaire, le circuit primaire et les masses métalliques en contact étant à une température élevée. Il s'agit notamment des situations de brèches sur le circuit secondaire et de perte totale d'alimentation en eau des GV.

Dans de telles situations, l'exploitant pourrait être amené, selon les procédures de conduite à suivre, à injecter de l'eau froide issue de la bache ASG afin de rétablir l'inventaire en eau. Or, le contact de cette eau froide avec les

tubes des GV et les structures métalliques à haute température génère un choc thermique froid, de nature à les endommager. Les effets de ce choc froid sont évalués en utilisant un logiciel de calcul et des corrélations issues de la littérature. L'IRSN rappelle que, dans le cadre de l'analyse du dossier de justification de la tenue en service de la virole basse 335 du réacteur n° 2 Fessenheim, de nombreuses réserves ont été émises au sujet de la validation du logiciel de calcul et des corrélations utilisées. En particulier, certains des modèles physiques dominants du logiciel de calcul n'ont pas pu être validés dans des conditions représentatives [7].

De ce fait, la réalisation d'un essai particulier d'injection d'eau froide dans les GV d'un réacteur de Fessenheim à l'arrêt a été envisagée par l'IRSN. EDF estime pour sa part qu'il est peu judicieux de vouloir réaliser un essai directement sur des GV installés et ayant déjà été en exploitation, car la complexité de mise en œuvre des mesures nécessaires, avec l'installation de thermocouples à l'intérieur des GV du côté secondaire, engendrerait une source d'incertitudes beaucoup plus importante que si ces mesures étaient réalisées en milieu contrôlé, dans une installation expérimentale.

L'IRSN prend note de la position d'EDF. **En conséquence, en l'absence d'éléments de validation complémentaires des logiciels mentionnés ci-dessus, l'IRSN estime que des pénalités suffisantes doivent être retenues dans les évaluations de tenue mécanique des GV pour couvrir les lacunes de validation identifiées.**

Consolidation de la validation des codes de calcul neutronique et de l'interprétation des résultats des essais physiques du cœur

La validation de la conception d'un réacteur repose notamment sur la réalisation d'essais de démarrage comprenant des essais physiques du cœur. Les essais physiques réalisés ensuite après chaque rechargement du réacteur ne reprennent qu'une partie de ces essais physiques de premier démarrage, certains résultats étant considérés par principe comme étant acquis pour les cycles de fonctionnement ultérieurs.

Pour autant, depuis le démarrage des réacteurs de 900 MWe, les gestions de combustible ont évolué (enrichissement, poisons consommables, grappes de commande...). Certaines chaînes d'instrumentation et outils de calcul utilisés pour interpréter les essais physiques ont également fait l'objet d'évolutions significatives. Par ailleurs, les études d'accident RP4 900 s'appuient désormais, pour certaines d'entre elles, sur une modélisation à trois dimensions du cœur nécessitant une consolidation de la validation d'outils de calcul neutronique dans des situations qui ne sont pas usuellement explorées lors des essais physiques faisant suite à un rechargement de combustible.

Pour ces raisons, l'IRSN estime nécessaire la réalisation d'essais physiques particuliers reprenant le programme des essais physiques de premier démarrage *a minima* sur un réacteur CPO du Bugey en gestion de combustible « CYCLADES » et un réacteur CPY en gestion de combustible « PARITE MOX ». **EDF s'est engagé à réaliser ces essais (cf. engagement n° 7 en annexe 2).**

L'engagement d'EDF est jugé satisfaisant par l'IRSN.

Modélisation du refroidissement d'un réacteur en thermosiphon

En février 2011, EDF a déclaré un événement significatif pour la sûreté à caractère générique concernant un écart relatif à une anomalie de modélisation du refroidissement sous le dôme de la cuve avec un logiciel de calcul thermohydraulique en cas de circulation de l'eau primaire en thermosiphon. Cet écart conduit principalement à des incertitudes importantes sur la prévision de la formation d'une bulle de vapeur sous le dôme dans les situations incidentelles ou accidentelles concernées. La formation d'une bulle de vapeur pourrait ralentir voire modifier les

transitoires de repli long terme actuellement calculés et donc remettre en cause les résultats de certaines études d'accident.

La résorption de cette anomalie s'appuie sur une nouvelle modélisation avec le logiciel de calcul thermohydraulique. Au regard du peu de données d'exploitation disponibles sur le comportement du dôme, il reste néanmoins difficile de se positionner sur le caractère enveloppe de cette nouvelle modélisation en situation de thermosiphon. Des essais particuliers permettant de réaliser un transitoire de repli du réacteur avec arrêt des GMPP sur un réacteur CP0 du Bugey et un réacteur CPY permettraient de conforter les choix de modélisation retenus pour résorber cette anomalie.

EDF considère néanmoins que l'intérêt de réaliser de tels essais est faible au regard des difficultés de réalisation et d'interprétation des résultats. EDF estime également que le respect des critères d'acceptabilité des études de sûreté est peu dépendant du gradient de refroidissement du dôme en thermosiphon, une étude de sensibilité sur ce paramètre ayant montré la possibilité d'atteindre l'état de repli pour un gradient de refroidissement réduit sur le palier 900 MWe.

Néanmoins, les études portant la démonstration de sûreté restent menées avec des gradients de refroidissement du dôme entachés de fortes incertitudes du fait des lacunes de validation du logiciel de calcul thermohydraulique. **Compte tenu de ces éléments et de la position d'EDF vis-à-vis de la réalisation d'un essai particulier de refroidissement en thermosiphon, l'IRSN estime qu'EDF devra retenir dans ses études des valeurs de gradient de refroidissement du dôme en thermosiphon suffisamment prudentes pour couvrir la méconnaissance de ce paramètre.**

Validation des outils de calcul thermohydraulique utilisés pour les études d'accident

Au cours de l'expertise, l'IRSN a envisagé la réalisation d'essais particuliers reproduisant, dans certaines conditions, des incidents de deuxième catégorie (incidents assez fréquents aux conséquences limitées) afin de consolider la validation d'outils de calcul thermohydraulique. EDF considère que les essais demandés par l'IRSN ne sont pas nécessaires car des essais sur des dispositifs expérimentaux (« BETHSY », « LACYDON ») sont disponibles pour valider les outils de calculs, dans les conditions des scénarios envisagés par l'IRSN.

L'IRSN relativise l'avis exprimé par EDF car les dispositifs expérimentaux cités ne permettent pas de valider la réponse intégrale des outils de calcul visés. De plus l'IRSN rappelle qu'EDF a déjà réalisé des essais représentatifs de transitoires de deuxième catégorie sur des réacteurs du parc en exploitation, mais que ces essais ont été insuffisamment exploités pour la validation des outils de calcul.

En réponse à la remarque de l'IRSN, EDF a pris un engagement reproduit en annexe 2 (engagement n° 8) visant à produire un état des lieux et une analyse complémentaire des données et d'essais exploitables.

L'IRSN estime que cette action doit être complétée par des travaux de validation complémentaire des outils de calcul, une fois que cet état des lieux et cette étude seront réalisés. Si les informations complémentaires s'avéraient insuffisantes, des essais particuliers seraient alors à réaliser. **Cette position conduit l'IRSN à formuler La recommandation n° 6 en annexe 1.**

Modélisation des efforts résistants s'opposant à la fermeture d'un robinet motorisé électrique

De nombreux cas de refus de manœuvre de robinets motorisés électriques (RME) ont été relevés sur le parc électronucléaire d'EDF depuis les années 1980. Ces dysfonctionnements sont liés à un mauvais dimensionnement de la motorisation ou à un mauvais réglage des limiteurs d'effort. Ils ont donné lieu à des modifications de RME et du réglage des limiteurs d'effort, à partir d'études successives visant à mieux appréhender les efforts résistants

s'opposant à la manœuvre d'un RME. Les cas les plus fréquents de refus de manœuvre sont observés lors d'une fermeture en débit car l'effort résistant est alors maximal (cf. analyse détaillée dans l'avis [8]).

Depuis une dizaine d'années, EDF utilise un outil de mesure de l'effort appliqué sur la tige d'un RME pour vérifier des critères d'opérabilité et détecter une dégradation. Toutefois, pour que les résultats de ces mesures soient reproductibles et interprétables d'un essai à l'autre, les mesures d'effort sont réalisées dans des conditions hydrostatiques, c'est-à-dire lors de manœuvres sans pression et sans débit. De plus, les essais fonctionnels en usine qui ont permis de valider la modélisation des efforts résistants s'exerçant sur un RME n'ont généralement pas été réalisés au débit de fonctionnement maximal envisageable car celui-ci est souvent inatteignable sur une boucle d'essai.

Or la composante prépondérante de l'effort s'opposant à la fermeture d'un RME est l'effort de frottement des opercules dû à la différence de pression s'exerçant aux bornes d'un robinet lors d'une fermeture en débit. Il est donc nécessaire qu'EDF vérifie, directement sur des RME installés sur site, le caractère conservatif des hypothèses de modélisation de cet effort retenues dans les études de dimensionnement.

En conséquence, l'IRSN estime qu'EDF doit réaliser des essais particuliers de mesures d'effort de fermeture en débit sur une sélection de RME dont la fermeture est requise en condition de fonctionnement incidentel ou accidentel. Les robinets retenus pour réaliser ces essais (à reproduire sur plusieurs réacteurs de 900 MWe) seront prioritairement choisis parmi ceux présentant une faible marge de dimensionnement. Ils seront également sélectionnés parmi ceux pour lesquels le débit maximal de fonctionnement peut être approché (ou atteint) en fonctionnement normal. **L'IRSN formule à cet égard la recommandation n° 7 présentée en annexe 1. EDF devra apprécier le caractère conservatif des hypothèses de modélisation retenues en prenant en compte les incertitudes de mesures, d'interprétation et de généralisation des essais réalisés à l'ensemble des RME importants pour la sûreté nucléaire.**

Modélisation du débit de dégagement d'hydrogène sur des batteries existantes

Les batteries de secours des tableaux électriques dégagent de l'hydrogène pendant leur charge, ce qui est à l'origine d'un risque de déflagration à prendre en compte dans les études d'agression. Dans ces études, EDF estime le débit de production d'hydrogène gazeux par les batteries en intégrant différents facteurs, dont le vieillissement et la température, en se basant sur une norme (NF EN 50272).

Pour l'IRSN, la réalisation d'essais particuliers en laboratoire, sur des batteries vieilles prélevées sur un réacteur de Fessenheim, afin d'en mesurer les débits de dégagement d'hydrogène, permettrait de vérifier l'exactitude de la modélisation utilisée dans les études d'agression et d'en conforter les conservatismes. Cette position conduit l'IRSN à formuler la recommandation n° 8 en annexe 1.

2.3 Opérabilité d'EIPS en période de grands chauds ou en cas de dysfonctionnement de systèmes de ventilation et de climatisation

Lors de son exercice de sélection des essais particuliers à réaliser lors du réexamen RP4 900, EDF a retenu un essai de fonctionnement des groupes électrogènes de secours par grands chauds (à réaliser sur tous les réacteurs de 900 MWe). L'IRSN estime que le bon fonctionnement d'autres équipements sensibles à des fortes chaleurs ou à un dysfonctionnement de système de ventilation ou de climatisation doit faire l'objet d'une vérification à l'aide d'essais particuliers. Les équipements sensibles identifiés par l'IRSN sont listés ci-après.

Fonctionnement des équipements électriques après une perte partielle ou totale du système de ventilation DVL

Lors de la réévaluation des études probabilistes de sûreté réalisées dans le cadre du réexamen RP4 900 [9], l'IRSN a mis en exergue que la perte du système de ventilation du bâtiment électrique (DVL) en voie A peut conduire, à terme, à la perte des tableaux électriques secourus de la voie A, des tableaux non-secourus et de certains équipements « noyau dur » (ND) nécessaires au basculement de l'alimentation électrique de certains matériels ND sur le diesel d'ultime secours (DUS) et à l'élaboration des signaux de démarrage automatique du DUS. Ainsi, en cas de perte du DVL induisant ces conséquences fonctionnelles, seul le groupe électrogène de secours de la voie B permettrait d'alimenter les EIPS nécessaires à l'atteinte et au maintien d'un état sûr. La défaillance de ce groupe conduirait à la fusion du cœur.

De surcroît, une perte totale du système de ventilation DVL pourrait directement induire (sans défaillance supplémentaire) la fusion du cœur, l'ouverture de la ligne de dépressurisation et de filtration de l'enceinte (U5) et la percée du radier.

La quantification du risque de fusion du cœur et de rejets dépend de la probabilité conditionnelle de défaillance des matériels électriques climatisés par le système DVL, donc de la cinétique et de l'amplitude de l'échauffement induit sur ces matériels par une perte partielle ou totale d'une ou plusieurs voies du système DVL.

Dans le cadre du réexamen des études probabilistes de sûreté (EPS) RP4 900, EDF a indiqué qu'il disposait d'éléments de retour d'expérience concernant l'arrêt d'une voie DVL dans le cadre d'opérations de maintenance programmée, et que les éléments analysés à date montraient que la perte de la ventilation DVL n'a jamais entraîné d'entrée en conduite incidentelle ou accidentelle et ne nécessite donc pas d'être modélisée en tant qu'événement initiateur dans les EPS. Il s'était engagé à présenter ces éléments de retour d'expérience qui ont depuis été transmis en juin et en décembre 2019.

Pour autant, après analyse, les éléments envoyés par EDF ne sont pas suffisamment détaillés pour apprécier les conséquences potentielles d'une perte fortuite de la voie A du DVL et, en particulier, les délais disponibles pour la mise en œuvre des mesures compensatoires.

Or, en mars 2019, un événement significatif pour la sûreté est survenu lors de l'arrêt programmé d'un ventilateur du bâtiment électrique du réacteur n° 1 de Flamanville. Bien que cet événement de perte partielle d'une voie d'un système de ventilation ne soit pas directement transposable à un réacteur de 900 MWe⁹, il montre d'une part que les dispositions compensatoires mises en œuvre en préalable à l'arrêt programmé du ventilateur sont efficaces, et d'autre part que le non-respect d'une seule de ces dispositions (fermeture inappropriée d'une porte) a conduit à une élévation rapide de la température en local, alors que la température extérieure était modérée (événement survenu au mois de mars).

L'IRSN estime donc nécessaire qu'EDF réalise un essai particulier d'arrêt de la voie A du système de ventilation DVL sur un réacteur pair et sur un réacteur impair du palier CP0 du Bugey et du palier CPY (recommandation n° 9 en annexe 1) .

Cet essai devra être réalisé avant et après la mise en œuvre des modifications RP4 900 consistant en l'ajout de hottes aspirantes dans certains locaux ventilés par DVL (dossier PNPE 1070).

⁹ Les réacteurs n° 1 et n° 2 de Flamanville sont des réacteurs de 1300 MWe de type P4.

Les résultats de ces essais devront être utilisés pour quantifier de manière probabiliste les risques de fusion du cœur et de rejets radioactifs en cas de perte partielle ou totale du DVL sur les réacteurs CP0 et CPY à l'état RP4 900.

L'analyse de ces essais devra être complétée par des expertises de tenue à la température de matériels électriques vieilliss, prélevés dans le cadre d'un remplacement sur un réacteur en fonctionnement ou sur un réacteur de la centrale de Fessenheim (cf. § 2.6).

Fonctionnement d'une turbopompe ASG en situation de perte totale des alimentations électriques (H3)

En situation de perte totale des alimentations électriques (H3), la turbopompe d'alimentation de secours des générateurs de vapeur (TPS ASG) doit assurer l'évacuation de la puissance résiduelle du réacteur alors que son local n'est plus ventilé. L'augmentation de la température du local pourrait remettre en cause le fonctionnement de cette turbopompe. Or les études thermiques réalisées dans le cadre du référentiel « Grands chauds » ne couvrent actuellement pas les conditions de fonctionnement du domaine complémentaire auxquelles est rattachée la situation H3. EDF a prévu d'évaluer cette situation dans le cadre de la réponse qu'il doit apporter à une recommandation formulée par l'IRSN [6] mais n'a pas précisé à quelle échéance cette étude sera finalisée.

L'IRSN signale qu'un enregistrement des températures atteintes dans le local de la TPS ASG au cours d'un essai de fonctionnement de longue durée (10 heures) a déjà été réalisé sur un réacteur de Fessenheim en 2001. Cet essai, pourtant effectué avec la ventilation du local en service, a montré une élévation importante des températures avec de fortes hétérogénéités dans le local (températures maximales atteintes comprises entre 30 °C et 48 °C pour une température extérieure en fin d'essai voisine de 10 °C). Les enseignements d'un essai similaire réalisé, sans ventilation, sur un réacteur du palier CPY et CP0 du Bugey constitueront donc un complément nécessaire aux études thermiques prévues par EDF car le logiciel de calcul d'ambiance thermique utilisé pour ces études ne peut estimer qu'une température moyenne dans un local donné.

En conséquence, l'IRSN formule la recommandation n° 10 exposée en annexe 1.

Fonctionnement prolongé de la pompe RIS 011 PO

La pompe de secours RIS 011 PO est une pompe volumétrique à deux pistons opposés, à commande hydraulique. La mise en mouvement des pistons à double-effet est assurée par une centrale hydraulique attenante à la pompe, comprenant un circuit d'huile de commande équipé notamment d'une pompe principale et de sa pompe auxiliaire de gavage, d'une bêche à huile et d'un réfrigérant atmosphérique.

Depuis le remplacement pour cause d'obsolescence de la pompe principale du circuit d'huile, des échauffements anormaux de l'huile de commande ont été constatés lors d'essais périodiques de la pompe RIS 011 PO. Cet échauffement serait plus prononcé en cas de situation accidentelle survenant en période de grands chauds. Dans son avis [10], l'IRSN a recommandé qu'EDF réalise des essais de qualification d'une pompe RIS 011 PO, dont la centrale hydraulique a été modifiée, à la température maximale pouvant être atteinte dans son local.

À l'occasion de l'examen des essais particuliers à réaliser dans le cadre du réexamen RP4 900, EDF a signalé que des essais en usine répondant à la recommandation de l'IRSN étaient en cours. **Selon leurs résultats, EDF a indiqué qu'un essai complémentaire de fonctionnement sur 24 h pour une température ambiante élevée pourra être envisagé.**

L'IRSN estime que les actions entreprises à ce stade par EDF sont satisfaisantes. *In fine*, elles devront permettre de démontrer la capacité de la pompe RIS 011 PO à fonctionner de façon prolongée à la température maximale

de son local, estimée dans le cadre de la réponse à la recommandation n° 2 de l'avis [6] de l'IRSN, portant sur l'examen des études d'agression internes et externes à l'état RP4 900.

Risque d'augmentation de la température du bâtiment réacteur en cas de manque de tension externe

Un manque de tension externe (MDTE) provoque la perte du système d'eau réfrigéré (DEG) alimentant les batteries froides des systèmes de ventilation du bâtiment réacteur (BR). Le retestage de ce système, qui est opéré manuellement, prendrait du temps (délai d'au moins une heure). Or une note de conception du système DEG indique que la température du BR augmente rapidement en cas d'indisponibilité du DEG.

Sur cette question, EDF a indiqué que, en situation de MDTE, la diminution des apports calorifiques dans le BR (liés à l'arrêt des équipements non secourus électriquement, en particulier les GMPP), estimée à 2 MW, couvre la perte de refroidissement induite par la perte du système DEG (estimée à 1,8 MW).

L'IRSN estime qu'EDF doit justifier la quantification de la diminution des apports calorifiques dans le BR après un MDTE, ce qui n'est pas le cas actuellement. Ce point fait l'objet de l'observation n° 3 en annexe 3.

2.4 Exigences de sûreté vérifiées uniquement lors des essais de démarrage des réacteurs

La vérification de la qualification d'EIPS peut faire l'objet d'une vérification fonctionnelle sur site au travers des essais de démarrage réalisés lors de la mise en service d'un réacteur électronucléaire. Certains de ces essais ne sont réalisés que lors de cette vérification initiale et ne sont pas repris dans le programme d'essais périodiques des RGE.

L'IRSN estime que, après quarante ans d'exploitation, l'intérêt de reproduire, lors d'essais particuliers RP4 900, des vérifications fonctionnelles non exécutées depuis le premier démarrage des réacteurs de 900 MWe doit être examiné. Cette analyse doit également couvrir des essais de démarrage qui n'ont été réalisés que sur des paliers de réacteurs plus récents que les réacteurs de 900 MWe.

Le résultat de l'analyse de l'IRSN est présenté ci-après.

Fonctionnement prolongé des groupes électrogènes de secours

Lors des essais de démarrage des réacteurs électronucléaires, des essais d'endurance des groupes électrogènes de secours ont été réalisés sur des durées et des cycles de fonctionnement variables selon les paliers de réacteurs et suivant qu'il s'agisse d'essais « tête de série » (TTS) ou d'essais réalisés systématiquement sur chaque installation. Ainsi, sur les derniers réacteurs démarrés, des essais de 400 h de fonctionnement (environ 16 jours) ont été réalisés sur des groupes électrogènes de secours du palier N4 et des essais de fonctionnement continu de 8 jours (dont 4 jours à pleine puissance) sont programmés sur les groupes électrogènes de secours du réacteur n° 3 de Flamanville de type EPR.

Certains de ces essais ont révélé des anomalies n'apparaissant qu'après un fonctionnement prolongé d'un groupe électrogène (desserrement, usure par frottement, encrassement, fissuration, etc.). Quelques exemples d'anomalies détectées sont donnés dans l'avis en référence [8].

Aussi, l'IRSN estime nécessaire qu'EDF réalise des essais particuliers de fonctionnement prolongé sur des groupes électrogènes de secours des réacteurs de 900 MWe afin de détecter d'éventuels phénomènes nocifs apparaissant après un temps long de fonctionnement et de vérifier l'autonomie des moteurs diesels en huile et en carburant (recommandation n° 11 en annexe 1).

Conduite d'un transitoire depuis le panneau de repli

En cas de conditions rendant inhabitable la salle de commande (SdC), un repli du réacteur doit pouvoir être réalisé depuis le panneau de repli (PdR).

Les règles d'essais en vigueur sur les réacteurs de 900 MWe prévoient de vérifier tous les deux mois la concordance des informations reportées au PdR avec celles de la SdC et, tous les trois rechargements, l'opérabilité des actionneurs pouvant être commandés depuis le PdR. Toutefois, aucun essai de repli en vraie grandeur n'a été réalisé sur un réacteur du palier CPY pour vérifier l'applicabilité de la procédure de conduite incidentelle depuis le PdR (procédure I14). Le seul essai de cette nature a été fait lors de la mise en service du réacteur n° 2 de Golfech en janvier 1994 et a été riche d'enseignements. **En conséquence, l'IRSN estime nécessaire la réalisation d'un essai de repli d'un réacteur en vraie grandeur depuis un panneau de repli sur au moins un réacteur CPO du Bugey et un réacteur CPY (recommandation n° 12 en annexe 1).**

Ces essais devront notamment faire l'objet d'une analyse sous un angle « facteurs organisationnels et humains ».

Essai d'ensemble de perte du réseau SAR

Le réseau d'air comprimé de régulation (SAR) alimente des actionneurs pneumatiques (vannes et régulateurs) dont le fonctionnement est indispensable à l'atteinte et au maintien en état sûr en cas d'accident. Or les compresseurs qui alimentent ce réseau peuvent être perdus en cas d'accident. Le retour et le maintien en état sûr dépend alors de l'autonomie de différentes réserves d'air comprimés (ballons et réservoirs) qui continuent d'alimenter les actionneurs pneumatiques EIPS. Cette autonomie peut être remise en cause par des fuites anormales sur le réseau ou par une sollicitation excessive des actionneurs.

Les programmes d'essais de démarrage des réacteurs du palier N4 comprenaient un essai d'ensemble représentatif d'une perte SAR sur 24 heures. Reproduire périodiquement cet essai aurait un impact non négligeable sur la disponibilité des réacteurs en fonctionnement. Celui-ci a donc été simplifié dans les règles d'essais périodiques des RGE : d'une part la durée de l'essai est limitée (quelques heures), d'autre part l'essai périodique ne permet pas de quantifier les pertes d'air comprimé générées par la manœuvre des actionneurs (ouverture et fermeture de vannes, régulation de la position d'actionneurs). Or l'intensité des fuites sur le réseau SAR peut dépendre de la position et de la manœuvre de ces actionneurs¹⁰.

En conséquence, l'IRSN estime nécessaire la réalisation d'essais particuliers d'autonomie du réseau SAR (recommandation n° 13 en annexe 1).

Vérification du délai d'activation de chaînes de mesures d'activité

Certaines chaînes de mesure d'activité radioactive commandent, sur l'atteinte d'un seuil, des dispositifs de confinement. C'est le cas notamment des chaînes de mesure d'activité situées au niveau des planchers de manutention du combustible des piscines BR et BK. En cas d'endommagement d'un assemblage de combustible en cours de manutention, elles commandent le basculement des systèmes de ventilation sur des pièges à iode.

Sur le réacteur EPR de Flamanville 3, des essais de démarrage sont réalisés avec des gaz traceurs afin de mesurer le délai d'activation des actions automatiques commandées par ces chaînes d'activité. Lors de l'examen des essais

¹⁰ Le positionnement des actionneurs pneumatiques régulés est assuré par un dispositif « buse/palette » qui génère une fuite contrôlée d'air comprimé dont le débit dépend de la position dans laquelle est maintenu l'actionneur. Par ailleurs, une membrane poreuse d'une vanne pneumatique générera une fuite dépendant de la pression dans la gamelle du servomoteur, donc de la position de la vanne.

particuliers RP4 900, EDF a indiqué que des essais similaires ont été réalisés lors du démarrage d'un réacteur de St Laurent. Toutefois, après vérification, l'essai réalisé sur St Laurent ne concerne que les chaînes d'activité du BR et ne permet pas de quantifier le délai d'activation des actions automatiques de ces chaînes. **De ce fait, l'IRSN estime nécessaire la réalisation dans le cadre du RP4 900 d'essais similaires aux essais de démarrage programmés sur le réacteur EPR de Flamanville 3 et formule la recommandation n° 14 présentée en annexe 1.**

2.5 Équipements réputés ne pas se dégrader

Le principe des essais périodiques des RGE est de réaliser des essais fonctionnels sur tous les équipements sollicités en conditions de fonctionnement incidentelles ou accidentelles, sauf à justifier que l'utilisation et la surveillance dont ils sont l'objet en fonctionnement normal garantissent le respect des critères à satisfaire.

Parmi les équipements ne faisant pas l'objet d'essais périodiques, on trouve des équipements :

- sollicités de manière certaine et avec une périodicité suffisante en conduite normale dans des conditions identiques ou représentatives de celles qui les solliciteraient en situation incidentelle ou accidentelle. Cette sollicitation permet de vérifier leurs exigences fonctionnelles de sûreté ;
- qui disposent de moyens internes permettant de statuer sur leur disponibilité, à une périodicité adaptée. C'est le cas, par exemple, de la surveillance réalisée par des machines programmées, dotées de fonctions d'auto surveillance et de signalisation des dysfonctionnements détectés ;
- ne faisant l'objet que de contrôles d'entretien ou de maintenance car leur performance n'est *a priori* pas sujette à un risque de dégradation significative compte tenu de leur conception et du programme d'entretien et de maintenance qui leur est appliqué.

Comme mentionné en début de chapitre 2, EDF s'est engagé à réanalyser pour le 30 juin 2020 les exigences de sûreté ne faisant pas l'objet d'un essai périodique programmé au titre des RGE ou de contrôle équivalent. Cette analyse devrait le conduire à examiner le bien-fondé de ne pas faire d'essais fonctionnels de performance sur des équipements entrant dans la troisième catégorie ci-avant.

Sans attendre le résultat de cet examen, l'IRSN signale, à titre d'exemple, que les échangeurs et les batteries froides entrent dans cette catégorie et devraient faire l'objet d'essais particuliers.

Échangeurs et batteries froides

Les échangeurs permettent un échange de chaleur entre deux fluides (eau ou huile) à l'état monophasique¹¹. Les batteries froides sont des échangeurs qui refroidissent l'air ambiant d'un local par de l'eau de refroidissement.

Lors de l'expertise, EDF a indiqué que les performances des échangeurs et des batteries froides sont garanties par les caractéristiques définies à leur conception qui comprennent, entre autres, des marges industrielles. Par la suite, cette performance est peu susceptible de se dégrader du fait notamment de la filtration de l'air (batterie froide), du conditionnement chimique et de la filtration de l'eau¹², et du choix des matériaux.

Sans remettre en cause les arguments d'EDF, l'IRSN a toutefois signalé que les échangeurs et batteries froides font rarement l'objet d'essais de performance lors de leur mise en service mais que, lorsque ces essais sont réalisés, ils montrent parfois un écart significatif¹³. Par ailleurs, des quantités d'air non négligeables peuvent être présentes dans

¹¹ Les générateurs de vapeur sont un cas particulier non traité dans ce paragraphe.

¹² Les échangeurs en prise directe avec l'eau brute de la source froide font l'objet d'essais périodiques vérifiant la conformité de leur coefficient d'échange.

¹³ Cas d'échangeurs récemment testés à l'occasion des essais de démarrage de l'EPR de Flamanville 3.

les circuits d'eau des échangeurs et des batteries froides si ces équipements sont mal éventés. La présence d'un milieu diphasique est alors susceptible de dégrader les parois (corrosion) et l'échange thermique.

À la suite de ces remarques, EDF a proposé d'exploiter les mesures dans les locaux des EIPS réalisées dans le cadre du référentiel grands chauds (cf. engagement n° 6 en annexe 2) pour mieux apprécier la pertinence des hypothèses de modélisation des batteries froides (cf. engagement n° 9 en annexe 2). Concernant les échangeurs, EDF indique avoir engagé une réflexion sur les conditions de réalisation d'une mesure de performance sur un échangeur EAS d'un réacteur CP0 du Bugey et un réacteur CPY (cf. engagement n° 10 en annexe 2). EDF signale avoir sélectionné les échangeurs EAS car ils ne sont pas utilisés en fonctionnement normal et parce que leurs essais périodiques ne permettent pas vérifier leur capacité d'échange.

L'IRSN estime l'action prévue par EDF sur les batteries froides satisfaisante. Si cet exercice révèle des écarts par rapport aux performances attendues des batteries froides, des actions complémentaires devront être engagées.

En ce qui concerne les échangeurs, l'IRSN signale que les échangeurs EAS ne sont pas les seuls échangeurs importants pour la sûreté non utilisés en fonctionnement normal et ne faisant pas d'essais de performance lors des essais périodiques des RGE. Par exemple, l'échangeur de la ligne de soutirage excédentaire du circuit primaire est dans le même cas. Par ailleurs, les échangeurs utilisés en fonctionnement normal ne font généralement pas l'objet de mesures permettant de quantifier leur coefficient d'échange. Or le respect de critères d'études d'accident ou le résultat d'études de conséquences radiologiques peut dépendre de la performance de certains échangeurs. C'est le cas pour les échangeurs du circuit de refroidissement à l'arrêt du circuit primaire (échangeurs RRA). Certains types d'échangeurs, comme les échangeurs des circuits d'huile des machines de sauvegarde, mériteraient également un contrôle de performance par sondage. **En conséquence, l'IRSN formule la recommandation n° 15 en annexe 1.**

2.6 Expertises d'équipements et de matériaux importants pour la sûreté

EDF a annoncé son intention de prolonger significativement la durée de fonctionnement de ses réacteurs au-delà de 40 ans. Dans ce contexte, la démarche de maîtrise du vieillissement revêt une importance particulière dans le cadre du réexamen RP4 900 car certains EIPS seront amenés à fonctionner au-delà de leurs hypothèses de conception.

La démarche de maîtrise du vieillissement mise en œuvre par EDF est fondée sur un processus d'examen des structures, systèmes ou composants (SSC) et de la manière dont leur intégrité ou leur fonctionnalité peut être affectée par un mécanisme de vieillissement. Elle tient compte des dispositions d'exploitation et de maintenance en vigueur, ainsi que des difficultés de réparation ou de remplacement.

L'IRSN considère que la démarche de maîtrise du vieillissement d'EDF, analysée dans l'avis de l'IRSN en référence [11], est à compléter par des essais et contrôles particuliers à réaliser dans le cadre du réexamen RP4 900 afin de vérifier le comportement et l'absence de vieillissement et de dégradations inattendus pour un ensemble d'équipements et de matériaux jugés sensibles. Ce thème, en particulier, est en lien avec plusieurs questions soulevées au cours du dialogue technique organisé avec l'ANCCLI. Ainsi, l'IRSN estime qu'EDF doit proposer un programme d'essais particuliers permettant de s'assurer du maintien de la qualification de SSC vieilliss. Ces essais devront soumettre des SSC, prélevés sur des centrales en fonctionnement (à l'occasion d'un remplacement de composants par exemple) ou sur les réacteurs de Fessenheim, à des sollicitations entraînant un endommagement. Ainsi, des essais et des expertises de résistance au feu seraient à mener sur des vantaux de portes coupe-feu. Ces essais particuliers à caractère destructif auront également pour objet de vérifier le caractère pénalisant d'hypothèses retenues dans des études d'accident ou des études d'agression et ce, directement sur des SSC ayant été utilisés sur une centrale nucléaire. La tenue à la température d'équipements électriques pourrait ainsi être caractérisée.

L'arrêt définitif des deux réacteurs de la centrale de Fessenheim constitue une occasion particulière de prélever et de procéder à des examens destructifs de SSC présentant un risque de dégradation avéré difficilement appréciable et contrôlable sur les réacteurs en fonctionnement. Il peut être cité dans cette catégorie certains composants des équipements internes de la cuve (soumis à un vieillissement par irradiation) ou le cuvelage métallique des piscines BR et BK (soumis à un risque de corrosion sous contrainte). D'autres SSC sont en général inaccessibles à tout contrôle et le démantèlement des réacteurs de Fessenheim constitue la première occasion d'évaluer in situ leur comportement et leur vieillissement. On peut citer dans cette catégorie les joints d'étanchéité inter-bâtiments.

En conclusion, l'IRSN estime qu'un travail important d'identification d'essais et d'expertises reste à faire par EDF en ce qui concerne les équipements et matériaux à prélever sur des réacteurs en fonctionnement ou sur les réacteurs de la centrale de Fessenheim mise à l'arrêt. **Ce travail d'identification doit être réalisé rapidement pour que ces essais et expertises puissent être pris en compte dans le processus de démantèlement des réacteurs de la centrale de Fessenheim. Aussi, l'IRSN formule la recommandation n° 16 en annexe 1.**

3 CONCLUSION

L'exercice réalisé dans un premier temps par EDF pour répondre à la demande de l'ASN de définir des essais particuliers dans le cadre RP4 900 s'est avéré trop limité. À la demande de l'ASN, l'IRSN a donc établi, en confrontant les propositions d'EDF à sa propre démarche, une liste d'essais à réaliser sur les éléments importants pour la sûreté nucléaire pour les réacteurs faisant l'objet du réexamen RP4 900, ainsi que pour les réacteurs de Fessenheim mis à l'arrêt. Cette analyse amène l'IRSN à formuler des recommandations exposées en annexe 1.

Lors de la confrontation des démarches d'EDF et de l'IRSN, EDF a pris en compte certaines propositions et a formulé des engagements, exposés en annexe 2, répondant favorablement aux attentes de l'IRSN. Dans certains cas, la définition d'essais particuliers découlant de ces engagements nécessite un complément d'action faisant l'objet d'observations exposées en annexe 3.

L'IRSN souligne toutefois qu'un travail important d'identification d'essais et d'expertises reste à faire par EDF en ce qui concerne les équipements et matériaux à prélever sur des réacteurs en fonctionnement ou sur les réacteurs de la centrale de Fessenheim mise à l'arrêt. Ce travail doit être réalisé rapidement pour que ces essais et expertises puissent être pris en compte dans le processus de démantèlement des réacteurs de la centrale de Fessenheim.

Enfin, l'IRSN ne recommande pas la réalisation de certains essais qu'il avait initialement envisagés car les échanges avec EDF ont montré que ces essais posent de réelles difficultés de réalisation ou d'acquisition et d'interprétation des résultats. Sur ces sujets, l'IRSN considère qu'EDF devra prendre des dispositions, telles que des pénalités dans certaines études de la démonstration de sûreté, pour tenir compte du manque de connaissances ou des incertitudes identifiées lors de l'expertise.

Pour le Directeur général et par délégation,
Olivier DUBOIS
Adjoint à la Directrice de l'expertise de Sûreté

Annexe 1 à l'avis IRSN n° 2020-00049 du 27 mars 2020

Recommandations de l'IRSN

Recommandation n° 1

L'IRSN recommande qu'EDF réalise, *a minima*, un essai d'éventage de l'enceinte d'un des réacteurs de Fessenheim avec le dispositif U5 (à une pression située dans la plage d'ouverture de la ligne, comprise entre 5 et 6 bars.abs., en air sec et à température ambiante), ainsi qu'un essai de préchauffage de ce dispositif afin notamment de s'assurer :

- de la bonne manœuvrabilité des vannes d'isolement sous une différence de pression représentative ;
- du bon fonctionnement du système de contournement du préfiltre ;
- de l'absence de fuites sur la totalité de la ligne U5, y compris *via* le clapet anti-retour de la ligne de préchauffage ;
- de la suffisance du débit d'éventage ;
- du bon dimensionnement du dispositif de préchauffage.

Recommandation n° 2

L'IRSN recommande que le caractère enveloppe du coefficient de transposition d'une fuite d'un organe de traversée de l'enceinte de confinement, entre les conditions d'essais périodiques des RGE et les conditions des accidents postulés dans la démonstration de sûreté, soit justifié à partir de l'exploitation de résultats d'essais représentatifs notamment en termes d'humidité et de pression. Les résultats de ces essais pourront avoir été obtenus sur site ou sur maquette.

Recommandation n° 3

L'IRSN recommande qu'EDF s'assure, par un essai particulier à réaliser sur les réacteurs du palier CPY, de la capacité de la pompe RIS 011 PO à maintenir un niveau stable dans le pressuriseur, par la réduction progressive de son débit, selon une procédure opérable en situation H3 et ne présentant pas de risque d'annulation du débit d'IJPP (maintien d'un débit minimal d'IJPP sans risque de sollicitation de la soupape de sûreté située au refoulement de la pompe RIS 011 PO).

Recommandation n° 4

L'IRSN recommande qu'EDF réalise des essais particuliers de fermeture sous plein débit des robinets pneumatiques à manœuvre rapide pour lesquels cette fermeture peut être nécessaire en fonctionnement incidentel ou accidentel, comme par exemple les robinets d'isolement de l'enceinte de confinement, lorsque cette manœuvre n'est pas réalisée sous plein débit en fonctionnement normal.

Recommandation n° 5

L'IRSN recommande qu'EDF explore toutes les solutions techniques permettant d'entraîner la rotation et le fonctionnement en débit et en pression de l'hydraulique d'une turbopompe ASG (entraînement en vapeur secondaire, en vapeur auxiliaire, en air comprimé ou par une motorisation électrique). Sauf mise en évidence d'un problème rédhibitoire pendant cette analyse de faisabilité, l'IRSN recommande qu'EDF réalise un essai particulier de fonctionnement d'une turbopompe ASG d'un réacteur CPO du Bugey et d'un réacteur CPY avec un niveau bas dans la bêche ASG, pour la plus large plage possible de vitesse de rotation.

Recommandation n° 6

L'IRSN recommande qu'EDF consolide la validation des logiciels de calcul thermohydrauliques utilisés à l'issue de l'état des lieux et de l'analyse réalisés conformément à l'engagement n° 8 reporté en annexe 2. Si les informations issues de cet état des lieux et de cette analyse étaient insuffisantes, l'IRSN recommande qu'EDF réalise des essais particuliers complémentaires permettant de combler les lacunes de validation restantes.

Recommandation n° 7

L'IRSN recommande qu'EDF vérifie le caractère conservatif de l'effort de frottement des opercules dû à la différence de pression aux bornes d'un robinet, modélisé dans les études de dimensionnement des robinets motorisés électriques (RME) importants pour la sûreté nucléaire, sur la base d'essais particuliers réalisés sur une sélection de RME dont la fermeture est requise en fonctionnement incidentel ou accidentel. Cette vérification sera réalisée à partir de mesures d'effort de fermeture sans débit et en débit, reproduites sur plusieurs réacteurs de 900 MWe.

Recommandation n° 8

L'IRSN recommande la réalisation d'essais particuliers en laboratoire, sur des batteries vieilles prélevées sur un réacteur de Fessenheim, afin de mesurer les débits de dégagement d'hydrogène et de vérifier l'exactitude de la modélisation utilisée dans les études d'agression.

Recommandation n° 9

Afin d'apprécier les cinétiques d'élévation de températures en cas de perte fortuite d'une voie DVL (dans les différents locaux et à proximité de matériels sensibles), les délais de mise en œuvre de contremesures et l'efficacité de ces contremesures, l'IRSN recommande la réalisation d'essais particuliers d'arrêt de la voie A du DVL dans un bâtiment électrique d'au moins un réacteur pair et un réacteur impair du palier CPO du Bugey et du palier CPY. Pour que ces essais soient représentatifs, les contremesures devront être mises en œuvre par le personnel et selon les procédures disponibles pour faire face à une perte fortuite du système de ventilation DVL. L'efficacité des contremesures s'appréciera par l'évolution des cinétiques d'échauffement avant et après leur mise en œuvre.

Recommandation n° 10

L'IRSN recommande la réalisation d'un essai particulier de fonctionnement prolongé d'une TPS ASG sans ventilation dans son local sur un réacteur CPO du Bugey et un réacteur CPY, afin de vérifier la capacité de cette pompe à remplir sa mission en situation de perte totale des alimentations électriques (H3).

Recommandation n° 11

L'IRSN recommande la réalisation d'un essai particulier d'un groupe électrogène de secours sur plusieurs réacteurs CPO du Bugey et plusieurs réacteurs CPY. Ces essais devront permettre de vérifier le fonctionnement effectif en autonomie des diesels aux puissances devant être délivrées en fonctionnement accidentel, sur au moins 84 heures sur les réacteurs CPO du Bugey et au moins 48 heures sur les réacteurs CPY, ceci d'une part en assurant l'alimentation en carburant et la lubrification, d'autre part sans apparition, au cours des essais, de phénomènes pouvant conduire à un déclenchement par un ordre prioritaire, une perte de puissance, ou encore une fuite de carburant ou de lubrifiant nocive au fonctionnement ou risquant de provoquer un incendie.

Recommandation n° 12

L'IRSN recommande la réalisation d'un essai de repli en vraie grandeur depuis le panneau de repli (PdR), sur au moins un réacteur CPO du Bugey et sur un réacteur CPY, afin notamment de vérifier :

- l'exhaustivité et la suffisance des moyens de contrôle et de commande disponibles au PdR pour amener le réacteur en état de repli d'arrêt à froid (réacteur initialement en production) ;
- l'opérabilité de la procédure I14 en thermosiphon ;
- l'absence de risque particulier généré par cette conduite ;
- la compatibilité d'un repli depuis le PdR avec les procédures organisationnelles et les règles à respecter en cas d'agression interne susceptible de conduire à une évacuation de la salle de commande (sectorisation, circulation et accès aux locaux, communication sécurisée, passage de relève de quart...).

Recommandation n° 13

L'IRSN recommande la réalisation d'un essai particulier d'autonomie des ballons SAR associés à des EIPS, sur toute leur durée d'autonomie requise par la démonstration de sûreté, en réalisant des manœuvres et une régulation des actionneurs associés représentatives d'un repli du réacteur à entreprendre en cas de perte totale du réseau SAR.

Recommandation n° 14

L'IRSN recommande la réalisation d'essais particuliers dans l'objectif de vérifier les temps de migration des gaz jusqu'aux chaînes KRT commandant un dispositif de confinement (isolement ou basculement sur piège à iode) afin de s'assurer de l'efficacité de ce confinement. Les critères à associer à ces essais sont les critères de sûreté « I » et « S » que l'on trouve dans les procédures d'exécution d'essais de démarrage (YDD 061 et 071) du réacteur EPR de Flamanville 3.

Recommandation n° 15

L'IRSN recommande qu'EDF examine la possibilité de vérifier la capacité d'échange de tous les échangeurs non utilisés en fonctionnement normal sur au moins un réacteur CP0 du Bugey et un réacteur CPY, lorsque cette vérification n'est pas réalisée au titre des essais périodiques. De plus, l'IRSN recommande qu'EDF s'assure de la conformité de la performance des échangeurs, utilisés en fonctionnement normal, dont dépend le respect de critères d'études d'accidents ou le résultat d'études de conséquences radiologiques. Enfin, l'IRSN recommande qu'EDF vérifie par sondage la conformité de la capacité d'échangeurs de circuit d'huile de machines de sauvegarde. Ces vérifications devront faire l'objet d'essais particuliers RP4 900.

Recommandation n° 16

L'IRSN recommande qu'EDF précise les examens de matériaux, matériels ou équipements, voire essais spécifiques, à réaliser pour tirer des enseignements utiles pour l'expertise de la poursuite du fonctionnement du parc électronucléaire. Ces éléments devront être transmis au plus tard lors du dépôt de la demande de démantèlement des réacteurs de Fessenheim, afin que les opérations correspondantes puissent être prises en compte dans le processus de démantèlement. Ils devront comprendre un échéancier prévisionnel de transmission des protocoles d'essais et d'expertises et de remise des résultats.

Annexe 2 à l'avis IRSN n° 2020-00049 du 27 mars 2020

Engagements principaux de l'exploitant

Engagement n° 1

EDF s'engage à fournir, à échéance du 30 juin 2020, une analyse identifiant, sur la base des analyses d'exhaustivité des programmes d'essais périodiques, les exigences de sûreté ne faisant pas l'objet d'un essai périodique ou d'un contrôle équivalent et traçant l'examen réalisé sur la possibilité de réaliser un essai particulier RP4 900.

Engagement n° 2

EDF confirme l'intérêt de réaliser un essai de fonctionnement de moteurs après l'ouverture d'une phase électrique sur le réseau de transport sur un réacteur de Fessenheim. EDF signale qu'il doit, au préalable à la réalisation de cet essai, réaliser une analyse de risques et obtenir l'autorisation du gestionnaire de réseau RTE. Il s'engage à présenter un point d'avancement de la préparation de cet essai en juin 2020.

Engagement n° 3

EDF s'engage à analyser, pour le 30 avril 2020, la faisabilité d'utiliser le système de vapeur auxiliaire STR du Bugey ou les compresseurs des épreuves enceintes pour réaliser un essai de fonctionnement de la turbopompe ASG, réacteur complètement déchargé, avec un bas niveau en bêche ASG.

Engagement n° 4

EDF confirme l'intérêt de réaliser un essai en réel d'une rampe d'aspersion incendie dans un local de la centrale de Fessenheim. À ce jour, un essai ne sera possible qu'à partir de 2023, lorsqu'il n'y aura plus de combustible sur les réacteurs de Fessenheim. Pour la réalisation de cet essai, deux locaux sont envisagés par EDF :

- soit un local diesel ;
- soit les entrepôts de câblage du BL.

Le choix définitif nécessite un certain nombre d'études. EDF s'engage à communiquer à échéance fin 2020 le choix définitif du local, ainsi que les raisons de ce choix.

Engagement n° 5

Dans le cadre de son programme de travail sur la thématique « fumées », EDF réalisera, en laboratoire, des essais de fonctionnement en présence de fumée sur des composants sensibles aux effets des fumées (équipements électroniques) prélevés sur des tableaux électriques du site de Fessenheim. Le prélèvement de ces équipements aura lieu après la mise à l'arrêt du bâtiment électrique prévue pour 2025. Une sélection des équipements à prélever et une proposition de programme d'essais seront établies avant fin 2023.

Engagement n° 6

À l'issue de la campagne de mesures de températures en période de fortes chaleurs prévue dans les locaux d'un réacteur CPY abritant des matériels présentant des enjeux de sûreté importants et de faibles marges en température (correspondant à un engagement pris dans le cadre de l'expertise des études d'agressions RP4 900), EDF s'engage à préciser le programme et le périmètre associé à des essais particuliers complémentaires, à échéance d'octobre 2020.

Engagement n° 7

EDF s'engage à réaliser un programme d'essais spécifique, adapté au contexte du réexamen RP4 900, dans l'objectif de conforter la validation des chaînes de calculs des cœurs. De manière préliminaire, les essais envisagés sont les essais suivants :

- essais à puissance nulle, à la divergence du cycle :
 - mesures TGE¹⁴ usuelles,
 - efficacités de groupes de grappes en insertions successives par dilution,
 - mesures de CB¹⁵ et de CTI¹⁶ dans les configurations grappées obtenues,
 - une carte de flux pour chacune des configurations de grappes prévues à puissance nulle,
 - efficacités des groupes individuels par échange avec un groupe étalon,
 - deux cartes de flux à puissance nulle réalisées respectivement avec une grappe complètement insérée et après son extraction complète hors du cœur (essai de pseudo-éjection de grappe).
- essais en puissance en début de cycle, après la réalisation du programme de redémarrage du chapitre X des RGE, à un palier de puissance nucléaire d'environ 50 % PN :
 - essai d'oscillation axiale en rapport avec les incertitudes de ± 3 % PN et 5 % PN prises pour la détermination du ΔI ¹⁷ et le dimensionnement du seuil haut flux nucléaire,
 - essai de chute de grappes en rapport avec l'erreur de représentativité de 5 % PN sur la puissance nucléaire, prise en compte dans le dimensionnement du seuil taux élevé de variation du flux nucléaire.
- à ces essais s'ajoutent :
 - des cartes de flux à différents niveaux de puissance avec des grappes insérées aux insertions limites autorisées en fonctionnement normal,
 - des mesures du coefficient Doppler à différents niveaux de puissance.

La confirmation de la faisabilité de ces essais (et des éventuelles exclusions) est soumise aux conclusions d'une justification de sûreté élaborée dans les conditions de réalisation des essais, qui seront reprises dans un dossier de modifications temporaires des RGE.

¹⁴ Toutes grappes extraites.

¹⁵ Concentration en bore.

¹⁶ Coefficient de température isotherme.

¹⁷ Déséquilibre axial de puissance.

De plus, la réalisation de cartes de flux à puissance nulle nécessite également, d'un point de vue matériel, la confirmation de la faisabilité d'acquérir des signaux très faibles des chambres à fission mobile.

Concernant les mesures du coefficient Doppler, EDF analysera les résultats exclusivement d'un point de vue qualitatif, en cohérence avec la conclusion du retour d'expérience des essais Doppler menés sur les réacteurs de 1300 MWe.

Engagement n° 8

EDF s'engage à réaliser pour fin 2020 :

- un état des lieux des informations disponibles sur les évolutions des paramètres chaudière pour les essais sur réacteur utilisés pour la validation de l'outil de calcul « MANTA » ;
- une analyse des essais de démarrage du réacteur n° 3 de Flamanville de type EPR pour identifier ceux qui présenteraient un intérêt pour compléter la validation du logiciel de calcul « CATHARE ».

Engagement n° 9

EDF s'engage à exploiter des mesures réalisées dans le cadre de son engagement n° 6 exposé ci-avant pour mieux apprécier la pertinence des hypothèses de modélisation des batteries froides.

Engagement n° 10

EDF a engagé, dans le cadre des essais particuliers associés au réexamen RP4 900, une réflexion sur les conditions de réalisation d'une mesure de performance sur :

- un échangeur EAS d'une tranche CPO/BUGEY et
- un échangeur EAS d'une tranche CPY.

Une décision quant à l'éventuelle réalisation d'un tel essai sera prise pour juin 2020.

Annexe 3 à l'avis IRSN n° 2020-00049 du 27 mars 2020

Observations de l'IRSN

Observation n° 1

L'IRSN considère qu'un essai de fonctionnement de moteurs après l'ouverture d'une phase électrique sur le réseau de transport, faisant l'objet de l'engagement n° 2 d'EDF reporté en annexe 2, est nécessaire à la vérification de la capacité de fonctionnement d'EIPS dans une situation incidentelle plausible au regard du retour d'expérience.

Observation n° 2

L'IRSN considère que le périmètre des essais particuliers faisant l'objet de l'engagement n° 6 reporté en annexe 2 devra *a minima* couvrir les locaux des groupes électrogènes de secours, des pompes ASG (motopompes et turbopompe), des pompes d'injection de sécurité haute et basse pression, des pompes de refroidissement de la piscine de désactivation, des batteries électriques, de contrôle commande et des tableaux électriques basse tension, moyenne tension et haute tension.

Observation n° 3

L'IRSN considère qu'EDF devra justifier que la diminution des apports calorifiques dans le BR lors d'un MDTE couvre la perte de refroidissement du DEG, à l'occasion de la reprise d'études thermiques du référentiel « Grands chauds » attendues en 2021.