



RÉPUBLIQUE
FRANÇAISE

Liberté
Égalité
Fraternité

IRSN
INSTITUT DE RADIOPROTECTION
ET DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE

Fontenay-aux-Roses, le 13 novembre 2024

Monsieur le Président de l'Autorité de sûreté nucléaire

AVIS IRSN N° 2024-00160

Objet : EDF – Réacteurs de 1300 MWe – Programme des essais particuliers prévus en RP4 1300.

Réf. : [1] Saisine ASN – CODEP-DCN-2023-017416 du 20 avril 2023.
[2] Saisine ASN – CODEP-DCN-2024-017613 du 2 mai 2024.
[3] Lettre ASN – CODEP-DCN-2019-009228 du 11 décembre 2019.
[4] Avis IRSN – 2010-00030 du 13 juillet 2010.
[5] Avis IRSN – 2010-00234 du 3 décembre 2010.
[6] Avis IRSN – 2011-00525 du 21 décembre 2011
[7] Avis IRSN – 2024-00070 du 3 mai 2024.

En réponse à la saisine de l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) en référence [1], complétée par la saisine en référence [2], l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN) a examiné le programme d'essais particuliers établi par EDF dans le cadre du quatrième réexamen périodique des réacteurs de 1300 MWe (RP4 1300), afin de juger de sa pertinence et de l'opportunité de mener d'autres essais au regard des spécificités des réacteurs de 1300 MWe.

1. CONTEXTE ET DESCRIPTION DU DOSSIER D'EDF

Dans le cadre des réexamens périodiques, EDF doit notamment vérifier la conformité de ses réacteurs aux référentiels de conception et d'exploitation. Dans ce but, lors des visites décennales, sont réalisés des essais particuliers définis par EDF en suivant une méthode qui a évolué au fil des réexamens périodiques successifs.

À cet égard, l'ASN a émis des demandes dans sa lettre de position sur les orientations de la phase générique du quatrième réexamen périodique des réacteurs de 1300 MWe [3] auxquelles EDF a répondu par plusieurs livrables :

- la liste des essais particuliers prévus par EDF en RP4 1300 transmise en juillet 2021 et mise à jour en avril 2022. Pour établir cette liste, EDF a identifié les essais réalisés à l'occasion des quatrièmes réexamens périodiques des réacteurs de 900 MWe (RP4 900) qu'il estimait nécessaire de reconduire pour les réacteurs de 1300 MWe ;
- les résultats des analyses menées par EDF de sa « démarche historique des essais décennaux ». Ces analyses couvrent les domaines suivants :
 - la représentativité des essais de 1^{er} démarrage des réacteurs de 1300 MWe ;

MEMBRE DE
ETSON

- le retour d'expérience (REX) des événements significatifs pour la sûreté (ESS) ;
- les essais exclus des programmes d'essai périodique (EP).

À l'issue de son analyse, EDF conclut à l'absence de nécessité de prévoir des essais complémentaires à ce stade. EDF complètera son dossier en juin 2025 avec la liste définitive des essais retenus.

2. ANALYSE DE L'IRSN

2.1. PÉRIMÈTRE DE L'EXPERTISE

Conformément à la saisine de l'ASN citée en référence [1] et complétée par la saisine [2], l'IRSN a évalué :

- la pertinence du programme d'essais particuliers établi par EDF en évaluant les justifications apportées par EDF pour écarter certains essais de la liste initialement retenue pour le RP4 900 (la méthode d'EDF pour établir cette liste ne fait pas partie du périmètre d'expertise de l'IRSN) ;
- l'opportunité de mener d'autres essais au regard des spécificités des réacteurs de 1300 MWe compte du REX et de l'analyse menée par EDF de la « démarche historique des essais décennaux », sans objectif d'exhaustivité.

2.2. ESSAIS PARTICULIERS RETENUS EN RP4 1300

Concernant les essais particuliers réalisés sur les réacteurs de 900 MWe qu'EDF estime nécessaires de reconduire sur les réacteurs de 1300 MWe, l'essai particulier d'une turbopompe de secours du système d'alimentation de secours des générateurs de vapeur d'un réacteur du palier P4 et d'un réacteur du palier P'4 soulève les remarques qui suivent de la part de l'IRSN.

En 2008, sur le site de Flamanville, des vibrations importantes ont été constatées au niveau des tuyauteries situées à l'aspiration des motopompes (MPS) du système d'alimentation de secours des générateurs de vapeur (ASG) alors que le niveau d'eau dans la bache ASG n'était pas à son maximum et que les débits d'injection étaient faibles. Ces vibrations ont pour origine le profil des roues des pompes ASG qui génèrent des pulsations de pression dans les tuyauteries en amont. **Cet écart, qui ne concerne que les réacteurs de 1300 MWe du palier P4¹, a fait l'objet de différents avis de l'IRSN, dont notamment les avis en références [4] à [6].** Dans l'attente de la résorption de cet écart, des mesures compensatoires ont été mises en œuvre pour éviter l'apparition de ces phénomènes vibratoires lors de l'utilisation des MPS ASG. Par précaution, EDF a étendu ces mesures compensatoires aux turbopompes de secours (TPS) ASG, aucun essai n'ayant été réalisé de manière à les dédouaner de ce phénomène.

Afin de supprimer de manière pérenne ces pulsations de pression, EDF a prévu de remplacer la roue d'aspiration des pompes par une roue de même type que celle installée sur les pompes ASG des réacteurs du palier P'4, ainsi que la bague d'usure actuelle par une bague d'usure légèrement modifiée. Un essai sur la centrale nucléaire de Saint-Alban a permis de valider cette modification. **La modification des MPS ASG des réacteurs du palier P4, en cours de déploiement, permettra de solder cet écart².** Les TPS ASG du palier P4 seront également modifiées à une échéance plus lointaine, EDF estimant que ce phénomène n'a pas été mis en évidence sur ces pompes.

Dans le cadre des essais particuliers prévus en RP4 1300, EDF a programmé un essai pour vérifier le bon fonctionnement d'une TPS ASG d'un réacteur des paliers P4 et P'4 après remplacement de la roue d'aspiration, avec un bas niveau d'eau dans la bache ASG et différents débits d'injection.

¹ Lors du démarrage des réacteurs de 1300 MWe du palier P'4, les roues des pompes ASG ont été améliorées pour atténuer les vibrations constatées à l'aspiration des pompes à bas débit dues à des pulsations de pression.

² La fin prévisionnelle du déploiement de cette modification est 2028.

L'essai tel que prévu n'appelle pas de remarque de la part de l'IRSN. En revanche, l'IRSN a estimé que l'essai d'une TPS ASG d'un réacteur du palier P4 avant le remplacement de la roue et de la bague d'usure était nécessaire vu les échéances lointaines de modification de ces pompes³, afin de confirmer que les TPS ASG, sans modification matérielle, ne sont effectivement pas concernées par l'écart. **Lors de l'expertise, EDF s'est engagé à réaliser un tel essai (cf. l'engagement n° 1 en annexe 2). Ce point n'appelle donc plus de remarque de la part de l'IRSN.**

2.3. ESSAIS NON RETENUS PAR EDF EN RP4 1300

Parmi les essais figurant dans le programme d'essais particuliers des réacteurs de 900 MWe, EDF ne prévoit pas de reconduire pour les réacteurs de 1300 MWe **l'essai de repli d'un réacteur depuis le panneau de repli (PdR) sur un simulateur**, cet essai ayant été réalisé en vraie grandeur sur un réacteur du site de Golfech, lors de sa mise en service.

Le retour d'expérience de cet essai avait notamment permis d'identifier un risque de déclenchement intempestif d'une injection de sécurité (IS). La gestion de ce risque avait donc été intégrée dans les procédures de conduite incidentelle et accidentelle. Depuis, sur les réacteurs du palier 1300 MWe, EDF a notamment modifié le contrôle-commande afin de réduire les conséquences radiologiques de l'accident de rupture d'un tube sur un générateur de vapeur de quatrième catégorie du domaine de dimensionnement (RTGV4⁴). L'analyse du REX d'exploitation après cette modification a mis en évidence une augmentation du risque de démarrage intempestif de l'IS en début de repli (ce point a fait l'objet de l'avis en référence [7]). Aussi, compte tenu des évolutions, matérielles et de conduite, apportées aux réacteurs du palier 1300 MWe depuis l'essai réalisé sur un réacteur du site de Golfech, l'IRSN estime qu'un essai particulier de repli depuis le PdR sur simulateur pleine échelle où une IS intempestive serait à gérer doit être réalisé.

À cet égard, EDF considère que le démarrage intempestif d'une IS est plus probable en début de transitoire et que, par conséquent, la validation de l'orientation et la gestion de cette IS dans les procédures de conduite est suffisante.³ De ce fait, EDF estime qu'une validation par un scénario complet ou sur simulateur pleine échelle n'est pas nécessaire. Ainsi, la réalisation d'un essai sur un simulateur d'étude d'un début⁵ de transitoire au panneau de repli avec une IS intempestive apparaissant au cours du refroidissement⁶ et le traitement de toute anomalie détectée sont jugés suffisants par EDF. Ce point fait l'objet de l'engagement n° 2, présenté en annexe 2

Étant donné que la conduite de l'IS, une fois diagnostiquée, se fera par application de fiches d'action en local, l'IRSN considère que l'engagement d'EDF est satisfaisant. Néanmoins, l'IRSN considère qu'il appartiendra à EDF de vérifier qu'à la suite de l'arrêt de l'IS, le réacteur est dans une situation compatible avec l'application de la conduite prévue au panneau de repli.

³ EDF prévoit le remplacement de la roue et de la bague d'usure lors des visites complètes des TPS ASG qui sont réalisées avec une périodicité de 8 cycles +/-1 cycle.

⁴ RTGV4 : l'accident d'intérêt consiste en la rupture guillotine totale d'un tube de générateur de vapeur avec un blocage en position ouverte d'une soupape secondaire lors de sa sollicitation en eau, cumulée à une situation de manque de tension externe.

⁵ Le transitoire prendra fin une fois l'IS gérée par l'opérateur réacteur.

⁶ Due à une non-inhibition par l'opérateur du permissif bloquant l'IS.

2.4. ESSAIS SPÉCIFIQUES AUX RÉACTEURS DE 1300 MWE

Le système d'injection de sécurité (RIS) des réacteurs de 1300 MWe comprend deux voies redondantes et une seule voie est suffisante pour injecter, dans le circuit primaire, le débit requis dans les études du rapport de sûreté. Chaque voie de ce système comporte une pompe d'injection de sécurité dite « basse pression » (IS BP) et une pompe d'injection de sécurité dite « moyenne pression » (IS MP). Dans les études de sûreté, les débits d'injection du RIS considérés sont issus du fonctionnement simultané d'une pompe RIS MP et d'une pompe RIS BP d'une même voie. Toutefois, les caractéristiques de fonctionnement de cette configuration ne sont pas testées dans le cadre des essais périodiques au titre du chapitre IX des RGE, où les débits de chaque pompe sont vérifiés indépendamment.

À cet égard, EDF a précisé au cours de l'expertise que les débits d'injection de sécurité valorisés dans les études d'accident avec un fonctionnement simultané des pompes RIS BP et RIS MP s'appuient sur des simulations numériques tenant compte des courbes caractéristiques (HMT⁷, débit) maximales et minimales des pompes RIS et des combinaisons de pertes de charges pénalisantes dues aux organes de calibration (DI) installées sur les lignes d'injection dans le circuit primaire principal. Ces débits ainsi que les courbes caractéristiques des pompes sont vérifiés lors des essais périodiques.

De plus, EDF a précisé que le fonctionnement simultané des pompes RIS BP et RIS MP a été testé lors des essais de démarrage des réacteurs n° 1 du site de Paluel et n° 2 du site de Penly. Ces essais ont montré un comportement vibratoire anormal des moteurs des pompes RIS BP et MP du réacteur n° 2 de Penly avec des niveaux vibratoires relevés très proches des critères. En outre, le comportement vibratoire des groupes motopompes et des lignes du système RIS pouvant différer lorsqu'elles fonctionnent simultanément par rapport à un fonctionnement de chaque pompe de manière indépendante, **l'IRSN estime nécessaire de vérifier le comportement vibratoire des groupes motopompes et des lignes RIS lors des essais de fonctionnement simultané des deux pompes.**

Toutefois, compte tenu des conditions d'essais peu précises et de l'absence d'instrumentation d'essai et de calcul d'incertitudes associées aux mesures de débit et de HMT, **ces essais sont difficilement exploitables et ne permettent pas d'en confronter les résultats aux valeurs prises en compte dans les modèles de simulation numérique utilisées pour les études de sûreté.**

Par ailleurs, EDF considère que le système RIS n'a pas fait l'objet de modifications depuis les essais de démarrage de nature à remettre en cause les débits considérés lors du fonctionnement simultané des pompes RIS MP et RIS BP. L'IRSN est en désaccord et rappelle à cet égard que les débits d'injection de sécurité ainsi que les configurations du système RIS pris en compte dans les études d'accident ont évolué au fil des réexamens de sûreté et de la prise en compte des nouvelles gestions de combustible. De plus, en 2004, des réévaluations des débits RIS pris en compte dans les études de sûreté ont été menées et ont conduit notamment à recalibrer les diaphragme des circuits d'injection RIS. **Ainsi, l'IRSN considère que la recalibration des DI des lignes d'injection RIS peut remettre en cause certaines données relatives au fonctionnement simultané des pompes RIS.**

⁷ HMT : hauteur manométrique totale

Compte tenu de ces éléments, l'IRSN considère que des essais de fonctionnement simultané des pompes RIS BP et RIS MP doivent être réalisés au titre des essais particuliers pour s'assurer que les critères pris en compte dans la démonstration de sûreté (débit, HMT, NPSH⁸...) sont respectés. La faisabilité de ces essais est acquise dans la mesure où la configuration requise pour les réaliser est similaire à celle mise en œuvre à chaque arrêt pour rechargement, lors des essais périodiques de chaque pompes RIS BP et RIS MP lors des essais fonctionnels avec cuve ouverte (EFCO). **Ce point fait l'objet de la recommandation en annexe 1.**

En fonction des résultats, EDF devra évaluer la nécessité de réaliser périodiquement cet essai au titre du chapitre IX des RGE dans le cadre du prochain examen des règles d'essais périodiques du système RIS.

IRSN

Le Directeur général

Par délégation

Hervé BODINEAU

Adjoint au Directeur de l'expertise de sûreté

⁸ Afin d'éviter le risque de défaillance d'une pompe par cavitation, il convient de garantir à l'aspiration de cette dernière une pression suffisante. C'est le NPSH (net positive suction head).

ANNEXE 1 À L'AVIS IRSN N° 2024-00160 DU 13 NOVEMBRE 2024

Recommandation de l'IRSN

L'IRSN recommande qu'EDF réalise des essais de fonctionnement simultané des pompes RIS MP et RIS BP sur un réacteur du palier P4 et un réacteur du palier P'4, et ce pour toutes les configurations d'injection dans le circuit primaire principal considérées dans les études d'accident, afin de :

- vérifier le point de fonctionnement de chacune des pompes (HMT, débit) et la valeur de NPSH ;
- vérifier le comportement vibratoire des pompes et des lignes RIS.

ANNEXE 2 À L'AVIS IRSN N° 2024-00160 DU 13 NOVEMBRE 2024

Engagements principaux de l'exploitant

Engagement n° 1

Dans le cadre des essais particuliers RP4 1300, EDF s'engage à réaliser, préalablement à l'essai particulier d'une TPS ASG d'un réacteur du palier P4, un essai complémentaire avec l'ancienne roue et une bague d'usure non modifiée. Ces deux essais seront réalisés dans les mêmes conditions, à savoir un bas niveau dans la bache ASG et différents débits d'injection.

Engagement n° 2

Dans le cadre des essais particuliers RP4 1300, EDF s'engage à réaliser un essai sur simulateur d'étude d'un début de transitoire au panneau de repli avec une IS intempestive apparaissant au cours du refroidissement, due à une non-inhibition du permissif P12 par l'opérateur, et de traiter toute anomalie détectée selon le processus de REX du chapitre VI. Ce scénario prendra fin une fois l'IS gérée par l'opérateur réacteur.