



RÉPUBLIQUE
FRANÇAISE

Liberté
Égalité
Fraternité

IRSN
INSTITUT DE RADIOPROTECTION
ET DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE

Fontenay-aux-Roses, le 30 juin 2023

Monsieur le Président de l'Autorité de sûreté nucléaire

AVIS IRSN N° 2023-00105

Objet : EDF – REP – Palier 1300 MWe – Analyse du retour d'expérience – Mauvais positionnement du boîtier de la garniture mécanique d'une pompe principale d'injection de sécurité moyenne pression (RIS-MP)

Réf. : [1] Saisine ASN – CODEP-DCN-2012-040076 du 11 mars 2013 (SUIAF-DCN-2022-0342)
[2] Avis IRSN – 2023-00014 du 23 janvier 2023

Conformément à la saisine de l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) [1], l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN) a expertisé plusieurs événements significatifs pour la sûreté (ESS) survenus sur le palier 1300 MWe induits par des mauvais montages du boîtier de la garniture mécanique (GM) des pompes principales¹ d'injection de sécurité moyenne pression (RIS-MP). L'origine est une non-qualité de maintenance (NQM) ayant occasionné une obstruction de la circulation du liquide de refroidissement de la GM ou une circulation différente de l'attendu. Ces montages en écart n'ont été détectés ni lors des essais de requalification, ni lors des relevés des paramètres de fonctionnement au cours des essais périodiques (EP).

L'objectif de cette expertise est d'évaluer les moyens mis en place par EDF pour détecter ce type d'écart potentiel et éviter le renouvellement d'un mauvais montage de boîtier de GM, ayant pour conséquence l'indisponibilité de la pompe. Les événements pris en compte pour cette analyse sont ceux survenus sur les centrales nucléaires de Belleville en 2021 et de Cattenom en 2022.

Cette analyse complète l'expertise de l'IRSN portant sur le sous débit d'eau de refroidissement des motopompes RIS et d'aspersion dans l'enceinte de confinement (EAS) objet de l'avis IRSN en référence [2].

Description du circuit RIS-MP du palier 1300 MWe

Le système de sauvegarde RIS est sollicité en cas d'accident conduisant à une perte d'inventaire en eau du circuit primaire, APRP ou RTGV², ainsi que dans les accidents de RTV³ (à l'intérieur ou à l'extérieur de l'enceinte de confinement). L'objectif de la fonction RIS est d'injecter de l'eau concentrée en bore permettant, dans le premier

¹ Par la suite, la pompe RIS-MP désignera la pompe principale RIS-MP. En effet, le terme « principale » a toute son importance du fait qu'il existe une pompe nourricière accouplée à la pompe principale ayant pour fonction de gaver celle-ci.

² APRP : accident de perte de réfrigérant primaire ; RTGV : rupture de tuyauterie d'un générateur de vapeur.

³ RTV : rupture de tuyauterie vapeur.

MEMBRE DE
ETSON

cas, de maintenir un inventaire en eau primaire suffisant pour garantir l'intégrité du cœur sans dénoyer le combustible et, dans le second cas, d'enrayer la réaction en chaîne car la RTV engendre une chute brutale de la température du circuit primaire augmentant significativement la réactivité.

Le circuit RIS comprend trois circuits d'injection de sécurité distincts permettant une injection d'eau dans le circuit primaire à des niveaux de pression différents en situation accidentelle : une injection à moyenne pression réalisée par les pompes RIS-MP, une injection réalisée par quatre accumulateurs et une injection à basse pression réalisée par les pompes RIS-BP. Les injections à moyenne et à basse pression sont réalisées par deux voies redondantes (A et B), chaque voie pouvant fournir 100 % du débit nécessaire à la fonction d'injection de sécurité.

Le fonctionnement du système RIS se décompose en deux phases : la première phase consiste, en début d'accident avec la perte de réfrigérant primaire, à injecter dans le circuit primaire, par le biais des pompes, de l'eau borée provenant du réservoir de stockage de l'eau des piscines dont la température est comprise entre 7 et 40 °C (température variant en fonction de la température extérieure). La seconde phase consiste à injecter dans le circuit primaire l'eau accumulée dans les puisards du bâtiment réacteur dont la température pourra atteindre 120 °C.

L'eau du circuit primaire circulant dans les pompes RIS-MP, une étanchéité quasi-absolue de celles-ci est nécessaire afin d'éviter une fuite d'eau vers l'extérieur. Cette étanchéité dynamique, localisée entre l'arbre et le carter de la pompe, est assurée par deux GM, l'une est située du côté de l'aspiration de la pompe et l'autre du côté du refoulement. Les GM sont lubrifiées par un film liquide entretenu par la rotation de l'arbre et provenant du fluide véhiculé par la pompe. Elles sont pourvues d'un circuit fermé de refroidissement, lui-même refroidi par un échangeur avec le circuit de réfrigération intermédiaire (RRI), et d'un circuit de barrage prélevant l'eau au niveau de la première roue de la pompe et constitué d'un gyrocyclone filtrant cette dernière, qui vient alimenter le circuit fermé de refroidissement. **La circulation du liquide de refroidissement au niveau des GM est indispensable pour assurer le bon fonctionnement de la pompe RIS-MP et ainsi assurer sa disponibilité en situation accidentelle.**

La particularité des GM des pompes RIS-MP du palier 1300 MWe est que le boîtier des GM est dépourvu de repérage angulaire. Ainsi, son montage sur le fond de corps de pompe, par l'intermédiaire de huit vis, peut être réalisé avec des décalages angulaires d'un ou plusieurs huitièmes de tour, et un tel décalage est susceptible d'obstruer des orifices de circulation du liquide de refroidissement de la GM ou de le laisser circuler en boucle ouverte. **Ces deux cas de figure de mauvais montage du boîtier de la GM des pompes RIS-MP ont été observés dans le cas des événements évoqués ci-après.**

Analyse du retour d'expérience et mesures compensatoires proposées par EDF

L'événement survenu en 2021 sur le site de Belleville a mis en évidence une absence de débit dans le circuit fermé de refroidissement des GM d'une pompe RIS-MP, conduisant à la déclarer indisponible alors que celle-ci était requise au titre de la sûreté. Cet écart est dû à une erreur de montage de la GM, lors d'une maintenance préventive réalisée en 2019, qui a été fixée sur le corps de pompe avec un décalage d'un huitième de tour, obstruant ainsi le débit de refroidissement de la GM. **Les essais de requalification et les EP n'ont pas permis de détecter cet écart de montage compromettant la disponibilité de cette pompe de sauvegarde en situation accidentelle.** Une élévation de la température des GM de cette pompe avait toutefois été constatée par EDF dans le cadre du suivi de tendance, mais la pompe avait été considérée disponible étant donné que les critères d'EP étaient satisfaits. De plus, aucun contrôle de débit n'est mentionné dans le guide méthodologique de requalification (GMR⁴) et dans les EP réalisés sur ce circuit.

⁴ Le GMR est un document qui apporte une aide aux exploitants en proposant les requalifications à réaliser selon le type de matériel concerné et l'intervention réalisée sur celui-ci.

À la suite de cet événement, EDF a complété le GMR pour préciser que l'atteinte d'une température stabilisée maximale du circuit de refroidissement des GM est symptomatique d'un mauvais montage du boîtier des GM.

L'événement survenu en 2022 sur le site de Cattenom a mis en évidence une inversion du montage du boîtier de la GM côté aspiration de la pompe. Dans cette configuration, détectée à la suite de la NQM de Belleville, le boîtier de GM a été monté avec un décalage à 180°, inversant les canaux d'alimentation. Par conséquent, l'eau prélevée au niveau de la première roue de la pompe alimentait directement la GM, après un passage par le gyrocyclone, puis circulait à travers l'échangeur RRI pour ensuite retourner à l'aspiration de la pompe. Lors de chacun des démarrages de la pompe, l'eau circulait en circuit ouvert et la garniture était alimentée par une eau filtrée provenant du réservoir PTR, mais qui n'était pas refroidie en amont. Un tel fonctionnement a légèrement augmenté la température du fluide traversant la GM. Lors des EP, cette température est toutefois restée conforme aux valeurs attendues en sortie de GM et bien en-deçà des critères du chapitre IX des RGE⁵. En revanche, en situation accidentelle, lors du passage en recirculation sur les puisards, la garniture aurait été en contact avec une eau pouvant aller jusqu'à 120 °C.

La hausse de température en sortie de GM n'étant pas significative en fonctionnement normal, les EP et le suivi des paramètres de santé des pompes ne permettent pas de piéger ce type de montage. **EDF a donc prescrit, via une demande particulière, un contrôle endoscopique du montage des GM, côté aspiration, des pompes RIS-MP du palier 1300 MWe lors des prochains arrêts des réacteurs.**

Enfin, lors des prochaines visites complètes ou partielles des pompes RIS-MP, EDF prévoit de mettre en place des détrompeurs pour éviter le renouvellement des écarts de montage des GM de ces pompes.

Analyse de l'IRSN

Afin d'évaluer le niveau de gravité de l'événement survenu sur le site de Belleville en 2021, l'IRSN a estimé, en utilisant ses propres modèles EPS⁶, l'accroissement du risque de fusion du cœur induit par l'absence de circulation du fluide de refroidissement dans une GM de la pompe RIS-MP voie A sur une période de 365 jours, réacteur en puissance. Cette estimation a été réalisée en supposant la défaillance certaine de la pompe RIS en écart lors de son fonctionnement en recirculation en situation accidentelle. L'accroissement du risque de fusion du cœur obtenu est supérieur d'un facteur six au seuil au-delà duquel un événement est considéré précurseur⁷. L'absence de débit de refroidissement au niveau de la GM de la pompe RIS-MP redondante ne pouvant non plus être écartée, une seconde estimation a été réalisée en supposant la défaillance certaine des deux pompes RIS, lors de leur fonctionnement en recirculation en situation accidentelle. **Pour ce cas, très pénalisant pour la sûreté, l'accroissement du risque de fusion du cœur obtenu serait supérieur d'au moins un facteur cent au seuil au-delà duquel un événement est considéré précurseur.**

Afin de détecter un éventuel écart de montage sur une ou plusieurs autres pompes RIS-MP du palier 1300 MWe, l'IRSN a analysé les températures en sortie de GM (côté aspiration et côté refoulement) indiquées dans le bilan des essais de redémarrage des réacteurs du palier 1300 MWe de ces dernières années. **Comme EDF, l'IRSN estime que ces résultats d'essais permettent de conclure à la présence d'un débit d'eau de circulation dans les GM des pompes RIS-MP et considère peu plausible qu'un montage obstruant les canaux d'alimentation du**

⁵ RGE : règles générales d'exploitation.

⁶ EPS : étude probabiliste de sûreté.

⁷ Un événement est dit « précurseur » lorsque son occurrence sur un réacteur induit un accroissement du risque de fusion du cœur supérieur à 10⁻⁶ par rapport à la valeur de référence. L'analyse probabiliste apporte des éléments chiffrés qui permettent de mieux appréhender la gravité des événements. Elle aide ainsi à hiérarchiser les priorités dans le traitement des événements, à évaluer la pertinence des actions de retour d'expérience et l'efficacité des mesures correctives. Elle permet également de relativiser l'importance de certains incidents ou de mettre en évidence des situations qui auraient pu ne pas être identifiées à risque. Parmi ces événements, les événements dont le surcroît de risque est supérieur à 10⁻⁴ font l'objet d'une attention particulière : l'exploitant définit un traitement spécifique et des délais de mise en œuvre des mesures correctives.

circuit de refroidissement de la GM (cas rencontré à Belleville) affecte une autre pompe RIS-MP du palier 1300 MWe.

Concernant le détrompeur mentionné par EDF, destiné à éviter tout type de mauvais montage de la GM, l'IRSN considère qu'une telle modification est nécessaire aussi bien du côté de l'aspiration que du refoulement, et qu'elle ne doit pas être seulement visuelle. EDF a précisé lors de la présente expertise que ce détrompeur sera mécanique et sera bien installé côté aspiration et côté refoulement de la pompe. **L'IRSN n'a donc plus de commentaire sur ce point.**

Concernant la mise en place de la DP qui sera déclinée lors des prochains arrêts réacteurs du palier 1300 MWe, plusieurs années peuvent s'écouler entre la mise hors application de cette DP et l'installation des détrompeurs mécaniques. Par conséquent, en cas d'événement fortuit affectant une pompe RIS-MP ou d'une intervention de maintenance amenant à démonter la GM, après la mise hors application de cette DP, **l'IRSN estime que le risque d'un mauvais remontage n'est pas exclu et ne serait détecté que lors de l'installation du détrompeur.** Lors de la présente expertise, EDF a indiqué qu'il allait faire évoluer la DP pour intégrer ce point en prescrivant un contrôle endoscopique après toute maintenance, notamment fortuite, ayant nécessité une dépose de la GM coté aspiration (le côté refoulement présente des coudes empêchant l'introduction d'un endoscope et les deux perçages sur le boîtier de GM ne sont pas diamétralement opposés⁸). **L'évolution de la DP, prévue pour fin 2023, n'appelle pas de remarque de la part de l'IRSN.**

En conclusion, l'IRSN estime que les actions d'EDF prévues initialement et complétées lors de la présente expertise sont de nature à détecter et à éviter un mauvais montage de la garniture mécanique des pompes de sauvegarde RIS-MP qui pourrait conduire à l'indisponibilité de ces pompes en situations accidentelles.

IRSN

Le Directeur général

Par délégation

Hervé BODINEAU

Adjoint au Directeur de l'expertise de sûreté

⁸ Cette conception implique soit le bon montage soit l'obstruction des canaux d'alimentation de la GM. Dans ce dernier cas, la situation serait identique à celle rencontrée sur le site de Belleville et donc détectable via la hausse des températures en sortie de GM.