

Fontenay-aux-Roses, le 26 juillet 2022

Monsieur le Président de l'Autorité de sûreté nucléaire

AVIS IRSN N° 2022-00161

Objet : Expertise de la méthodologie d'étude des risques liés aux inondations internes et ruptures de tuyauteries haute énergie dans le cadre du quatrième réexamen périodique des réacteurs de 1300 MWe.

Réf. : Saisine ASN - CODEP-DCN-2022-029021 du 17 juin 2022.

Dans le cadre du quatrième réexamen périodique des réacteurs de 900 MWe (RP4-900) du palier CPY, l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN) a émis un certain nombre de réserves concernant la nouvelle méthodologie d'étude d'EDF relative aux agressions « inondation interne » et « rupture de tuyauterie haute énergie¹ » (RTHE). Ces réserves ont conduit à des engagements de la part d'EDF ainsi qu'à des demandes de l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN), que l'ASN a considérés également applicables aux réacteurs de 1300 MWe dans le cadre de leur quatrième réexamen périodique (RP4-1300). Ainsi, EDF a transmis pour ces réacteurs, en amont de sa déclinaison, la nouvelle méthodologie d'étude des agressions « inondation interne » et RTHE.

Par la lettre citée en référence, l'ASN souhaite recueillir l'avis de IRSN sur le caractère acceptable de cette méthodologie d'étude au regard des objectifs de sûreté fixés pour le RP4-1300, des précédentes méthodes d'études utilisées et de ses demandes. L'ASN souhaite également que l'IRSN se prononce sur les vérifications à mener par EDF en ce qui concerne l'interface entre les études d'inondation interne et de RTHE et les études d'accidents du domaine de dimensionnement (PCC).

L'IRSN présente ci-après les conclusions de son évaluation sur les points susmentionnés.

1. ASPECTS GÉNÉRIQUES LIÉS AUX RÈGLES D'ÉTUDE DES INONDATIONS INTERNES ET DES RTHE

1.1. INTERFACE ENTRE LES ÉTUDES D'INONDATION INTERNE ET DE RTHE ET LES CONDITIONS DE FONCTIONNEMENT DE RÉFÉRENCE (PCC)

Certaines situations incidentelles/accidentelles (PCC) étudiées dans le rapport de sûreté correspondent à des ruptures de tuyauterie véhiculant de l'eau qui induisent une inondation ou qui constituent une RTHE. Il est

¹ Une tuyauterie haute énergie est une tuyauterie qui véhicule généralement de l'eau, à une pression supérieure ou égale à 20 bars ou une température supérieure ou égale à 100 °C.

également possible qu'une inondation ou une RTHE engendre un transitoire de type PCC. Pour ces « PCC en interface » avec les agressions, EDF vérifie, dans les études d'inondation, que les moyens nécessaires à la gestion des PCC ne sont pas affectés par les effets de l'agression (immersion, aspersion, suintement, fouettement, effet de jet, conditions d'ambiance dégradées). Au cours de l'expertise, EDF a également indiqué qu'il vérifierait que les locaux dans lesquels des actions manuelles en local sont requises pour la gestion du PCC restent accessibles par les intervenants, malgré les effets de l'agression. **Ceci est satisfaisant pour l'IRSN.**

Par ailleurs, l'expertise a mis en évidence que, pour certains transitoires de type PCC induisant une inondation, les conséquences de l'inondation ne sont pas étudiées. EDF s'est alors engagé à identifier ces transitoires et à vérifier que les conclusions des études associées ne sont pas remises en cause par les effets de l'agression. **L'IRSN estime cet engagement satisfaisant.**

1.2. APPLICATION D'UN AGGRAVANT SUR LES ÉQUIPEMENTS ACTIFS

La méthodologie d'étude des risques d'inondation interne et de RTHE relative au palier 1300 MWe considère que l'aggravant² s'applique uniquement sur des équipements actifs assurant la détection ou l'isolement d'une fuite, hormis pour les vannes manuelles du fait de leur grande fiabilité. Lorsque l'aggravant est appliqué sur l'organe d'isolement de la source d'inondation, un second organe d'isolement doit alors être recherché et considéré dans l'étude. Or, quand l'organe d'isolement de la source d'inondation est une vanne motorisée commandable depuis la salle de commande, EDF postule l'aggravant uniquement sur la partie motorisée de la vanne (alimentations électriques ou contrôle-commande) et retient en tant que second organe d'isolement la fermeture manuelle en local de la vanne. La défaillance de ce type de vanne n'est donc in fine jamais postulée au titre de l'aggravant.

L'IRSN considère que ceci constitue une régression par rapport à la méthodologie retenue pour le palier CPY qui postule bien un aggravant sur la partie mécanique des vannes motorisées. Pour l'IRSN, au regard du retour d'expérience d'exploitation, l'existence d'une dépendance entre la partie mécanique et la partie motorisée d'une vanne, remettant en cause sa manœuvrabilité en local, ne peut pas être exclue. En conséquence, l'IRSN estime nécessaire que la défaillance mécanique des vannes motorisées permettant l'isolement de la source d'inondation soit considérée au titre de l'application de l'aggravant dans les études du référentiel d'inondation interne et de RTHE. **Ce point fait l'objet de la Recommandation N° 1 présentée en annexe 1.**

1.3. APPLICATION D'UN AGGRAVANT SUR LES ÉQUIPEMENTS PASSIFS

La méthodologie d'étude des risques d'inondation interne et de RTHE relative au palier 1300 MWe ne considère pas l'application d'un aggravant sur les équipements passifs statiques. Néanmoins, EDF examinera l'impact sur les conclusions des études d'agressions de la défaillance de moyens passifs d'évacuation de l'eau (siphons de sol, caniveaux). En complément, EDF a prévu de mener une analyse du retour d'expérience d'exploitation des autres équipements valorisés dans les études d'inondation interne et de RTHE afin de déterminer s'ils doivent faire l'objet d'une analyse de l'impact de leur défaillance au titre de l'aggravant. Cela concerne en particulier les joints inter-bâtiments et les seuils valorisés dans les études d'agressions. À cet égard, **l'IRSN souligne qu'il a d'ores et déjà identifié plusieurs situations de défaillance des joints inter-bâtiments ayant affecté les réacteurs du parc en exploitation.**

² Dans une étude de sûreté, l'application de l'aggravant consiste à rechercher la défaillance la plus défavorable d'un équipement sollicité pour ses effets bénéfiques lors de l'étude d'un incident/accident ou d'une agression et à vérifier que les conséquences de la prise en compte de l'aggravant sont acceptables pour la sûreté. Le caractère défavorable est déterminé au regard de l'objectif de l'étude.

2. MÉTHODOLOGIE D'ÉTUDE DES INONDATIONS INTERNES

Les points abordés ci-après s'inscrivent dans la continuité de l'expertise réalisée pour le RP4-900 dans la mesure où les méthodologies d'étude des inondations internes proposées dans le cadre du RP4-900 et du RP4-1300 sont similaires.

2.1. PROPAGATION DU VOLUME D'EAU

La modélisation de la propagation de l'inondation repose sur des calculs de volumes d'eau maximaux déterminés à partir des débits de fuite et des délais d'isolement de la source d'inondation. À partir d'une certaine valeur de hauteur d'eau atteinte dans un local, le volume correspondant est supposé se propager dans les locaux voisins via des trémies ou des portes.

Cette méthode, qui ne repose pas sur une modélisation réaliste des écoulements, est cependant conservatrice dans la majorité des situations. **En conséquence, l'IRSN considère que l'utilisation de cette méthode est acceptable.**

Une inondation peut également se propager par des effets d'aspersion sur les équipements, ainsi que des phénomènes de suintement lorsque, par exemple, une gaine véhicule de l'eau sur tout son cheminement. La méthodologie d'étude des inondations internes et de RTHE d'EDF pour le palier 1300 MWe intègre l'analyse de l'impact de ces phénomènes, **ce qui est satisfaisant pour l'IRSN.**

2.2. DÉBITS D'ÉVACUATION PAR LES SIPHONS DE SOL

EDF a précisé au cours de l'expertise que, à la suite d'une demande de l'ASN, des inspections et des essais étaient en cours pour l'ensemble des réacteurs du parc en exploitation afin de vérifier la présence et la performance des siphons de sol qui sont valorisés dans les études d'agressions pour limiter les effets d'une inondation.

L'IRSN estime satisfaisante la démarche mise en œuvre par EDF. Il considère que les résultats de ces vérifications devront être disponibles à une échéance compatible avec la finalisation des études d'inondation interne et de RTHE réalisées dans le cadre du RP4-1300.

2.3. DÉFAILLANCE DES LIGNES DE PURGE DE DIAMÈTRE NOMINAL INFÉRIEUR OU ÉGAL À DN25

Les défaillances de tuyauteries de diamètre inférieur à 25 mm (DN25) ne sont pas considérées dans la méthodologie d'étude des risques d'inondation interne et de RTHE retenue dans le cadre du RP4-1300. Ces défaillances ont été étudiées par EDF pour le site du Bugey dans le cadre d'une étude spécifique que l'IRSN a considérée satisfaisante. Une étude équivalente est prévue pour le palier 1300 MWe, **ce qui est satisfaisant dans le principe.**

2.4. CLASSEMENT DE SÛRETÉ DES VANNES D'ISOLEMENT

EDF a confirmé au cours de l'expertise que les vannes d'isolement valorisées dans les scénarios d'inondation ne bénéficieront pas systématiquement d'un classement de sûreté. En effet, pour chaque local, seules seront classées de sûreté les vannes qui permettent l'isolement de la tuyauterie qui, si elle était ruptée, entraînerait le volume d'eau le plus important. Cette règle implique que de nombreuses vannes, dont la fermeture pourrait être nécessaire à l'atteinte des objectifs de sûreté des études d'inondation interne du RP4-1300, ne seront pas classées de sûreté. **Ce point fait l'objet de la Recommandation N° 2 présentée en annexe 1.**

2.5. CALCUL DES DÉBITS À LA BRÈCHE

Le calcul de débit à la brèche pour une RTHE est réalisé à l'aide d'une formule qui ne prend pas en compte certains phénomènes physiques caractéristiques d'un écoulement (énergie cinétique du fluide, énergie potentielle de dépressurisation liée à la différence de pression entre le circuit et l'extérieur). Au cours de la présente expertise, EDF a fourni, pour quelques configurations de brèche sur des circuits, des justifications afin de démontrer le caractère conservatif de la formule utilisée. **L'IRSN considère que le caractère conservatif de cette formule devrait être justifié pour l'ensemble des configurations de brèche présentées dans les études de RTHE. Ce point fait l'objet de l'Observation présentée en annexe 2.**

En outre, pour les réacteurs du Bugey, EDF a utilisé dans certaines études l'inversion d'une formule empirique (Hazen Williams) afin de déterminer une valeur de débit à la brèche plus réaliste. Dans le cadre de l'expertise menée pour les réacteurs du Bugey, EDF a reconnu que cette formule n'était pas adaptée. Il s'est alors engagé à développer une nouvelle méthodologie de calcul des débits à la brèche et à reprendre, si nécessaire, les études d'inondation interne sur ces réacteurs. Or, au cours de la présente expertise, EDF a précisé que l'inversion de la formule d'Hazen Williams sera plus largement utilisée dans les études d'inondation interne associées au RP4-1300, ce qui n'est pas satisfaisant. **L'IRSN formule à ce sujet la Recommandation N° 3 présentée en annexe 1.**

2.6. ÉTUDE DE SENSIBILITÉ AUX DÉLAIS D'ÉTABLISSEMENT DU DIAGNOSTIC ET D'INTERVENTION DE L'OPÉRATEUR

Les études de sûreté pour les réacteurs du parc en exploitation retiennent des délais conventionnels pour l'isolement de la source d'inondation qui sont plus courts que ceux considérés pour le réacteur EPR FA3. Conformément à la demande de l'ASN formulée dans le cadre du RP4-900, EDF a réalisé, pour les réacteurs du Bugey, une étude de sensibilité à l'allongement des délais nécessaires pour la réalisation du diagnostic et l'intervention de l'opérateur avec les règles d'études applicables aux PCC. À l'issue de la présente expertise, EDF s'est engagé à transmettre une étude similaire pour les réacteurs du palier 1300 MWe, **ce qui est satisfaisant.**

3. MÉTHODOLOGIE D'ÉTUDE DES RTHE

Les points abordés ci-après s'inscrivent dans la continuité de l'expertise réalisée pour le RP4-900 dans la mesure où les méthodologies d'étude des inondations internes proposées dans le cadre du RP4-900 et du RP4-1300 sont similaires.

3.1. LOCALISATION DES RUPTURES POUR UNE RTHE

Les analyses de risque d'une RTHE se décomposent, d'après la méthodologie d'EDF, en trois niveaux. Lorsque l'analyse de premier niveau, réalisée avec des hypothèses très enveloppes, ne permet pas de garantir l'atteinte des objectifs de sûreté liés aux agressions internes, une analyse de deuxième niveau, retenant des hypothèses moins enveloppes, est menée. Selon le même principe, une analyse de troisième niveau est réalisée lorsque l'analyse de deuxième niveau conduit aux mêmes conclusions. Ce dernier niveau d'analyse se découpe lui-même en trois approches. Alors que, dans les première et deuxième approches, l'analyse considère une RTHE pour chaque tuyauterie haute énergie (THE) traversant un local, les ruptures dans la troisième approche sont postulées aux points pour lesquels les contraintes mécaniques calculées sur l'intégralité de la tuyauterie sont maximales. Si les contraintes maximales sont situées sur une portion de tuyauterie localisée à l'extérieur du local d'intérêt, aucune rupture n'est postulée sur la THE dans ce local, ce qui n'est pas acceptable pour l'IRSN.

À cet égard, l'IRSN estime que la démonstration de sûreté du risque de RTHE pour le RP4-1300 doit considérer, par local, une rupture sur chacune des THE présentes, classées ou non, au point le plus pénalisant et en étudier les conséquences. Ce point fait l'objet de la Recommandation N° 4 présentée en annexe 1.

3.2. ÉVALUATION DES DÉBATTEMENTS DE TUYAUTERIE EN CAS DE RTHE

La rupture d'une tuyauterie haute énergie peut impacter les équipements situés à proximité soit par effet de fouettement (débattement de la tuyauterie), soit par l'effet du jet du fluide qu'elle véhicule. L'évaluation des effets du fouettement d'une THE ruptée est depuis de nombreuses années réalisée en retenant une méthode qui comporte un certain nombre de conservatismes (appelée méthode « classique »). Néanmoins, dans le cadre du RP4-900, l'application de cette méthode a conduit à des conséquences jugées trop importantes par EDF pour certaines RTHE. Pour ces THE, EDF a alors mis en œuvre une nouvelle méthode dite « analytique » pour calculer plus précisément l'amplitude des débattements des tuyauteries.

L'IRSN a estimé dans le cadre de l'expertise des études de RTHE pour les réacteurs du Bugey que cette méthode « analytique » n'était pas satisfaisante. Dans le cadre de la présente expertise, EDF a indiqué que cette méthode, initialement prévue dans la méthodologie d'étude des agressions relative au RP4-1300, ne sera finalement pas reconduite, **ce que l'IRSN estime satisfaisant.**

3.3. ROBUSTESSE DES MATÉRIELS MÉCANIQUES À L'EFFET DE JET

La méthodologie d'étude des risques d'inondation interne et de RTHE relative au palier 1300 MWe considère que les tuyauteries (hors gaines de ventilation) et les matériels purement mécaniques sont robustes à l'effet de jet. Cette hypothèse est également retenue pour les réacteurs du palier 900 MWe. Néanmoins, lors de l'expertise des études de RTHE pour le site du Bugey dans le cadre du RP4-900, EDF s'est engagé à analyser, avec des hypothèses adaptées, les conséquences des effets de jet consécutifs à une RTHE sur les tuyauteries et les vannes manuelles, quand elles ne sont pas couvertes par les conséquences des effets de fouettement, ce qui est le cas lorsque le fouettement est limité par un cadre anti-fouettement ou par un obstacle. Pour ce faire, EDF envisage de développer une nouvelle méthodologie et de l'appliquer, après validation, dans les études de RTHE des réacteurs du site du Bugey. EDF indique qu'il évaluera, à l'issue de cette phase, la pertinence de l'application de sa nouvelle méthodologie aux réacteurs de 1300 MWe.

L'IRSN souligne l'effort réalisé par EDF afin d'élaborer une nouvelle approche pour prendre en compte les effets de jet induits par une RTHE. Cependant, l'IRSN considère que les conclusions de l'étude qui sera menée sur les réacteurs du Bugey ne s'appliqueront pas nécessairement aux réacteurs de 1300 MWe, pour lesquels la configuration de l'installation est très différente. Il formule en conséquence la Recommandation N° 5 présentée en annexe 1.

4. CONCLUSION

Les éléments méthodologiques concernant les risques liés à l'inondation interne et aux RTHE, transmis par EDF dans le cadre du quatrième réexamen périodique des réacteurs de 1300 MWe, sont similaires à ceux transmis dans le cadre du RP4-900.

L'IRSN considère que certaines hypothèses et règles d'étude, qui concernent l'application de l'aggravant sur les vannes motorisées considérées pour l'isolement des sources d'inondation, le classement des équipements nécessaires à la démonstration de sûreté et la localisation des RTHE, ne sont pas acceptables. L'IRSN a également émis des réserves concernant les méthodes de calcul de débit à la brèche et la robustesse à l'effet de jet des matériels mécaniques. L'IRSN a en conséquence formulé des recommandations sur ces points.

Par ailleurs, la méthode utilisée pour les réacteurs de 900 MWe dite des « débattements limités », qui n'a pas été jugée acceptable par l'IRSN, ne sera pas reconduite pour les réacteurs de 1300 MWe, ce qui est satisfaisant.

En complément de ses engagements pris dans le cadre du RP4-900 et qui concernent l'application de l'aggravant aux équipements passifs, EDF a prévu de réaliser une analyse du retour d'expérience d'exploitation de certains de ces équipements, notamment les joints inter-bâtiments et les seuils, afin de déterminer si leur défaillance est

à considérer dans les études d'inondation interne. À cet égard, l'IRSN souligne qu'il a d'ores et déjà identifié que plusieurs défaillances avaient affecté les joints inter-bâtiments.

Enfin, la présente expertise a permis d'identifier des besoins de clarification et de compléments concernant la gestion des conditions de fonctionnement de référence en interface avec les études d'inondation interne et de RTHE (disponibilité des moyens de gestion, accessibilité aux locaux, exhaustivité de la démonstration de sûreté). EDF s'est engagé à compléter la démonstration de sûreté, ce qui est satisfaisant dans le principe.

IRSN

Le Directeur général

Par délégation

Frédérique PICHEREAU

Adjoint au Directeur de l'expertise de sûreté

ANNEXE 1 À L'AVIS IRSN N° 2022-00161 DU 26 JUILLET 2022

Recommandations de l'IRSN

Recommandation N° 1

L'IRSN recommande que, pour le quatrième réexamen périodique des réacteurs de 1300 MWe, EDF considère, au titre de l'application d'un aggravant sur les vannes d'isolement à commande motorisée, la défaillance mécanique de ces vannes. Si les objectifs de sûreté associés à l'étude des inondations internes et des RTHE ne sont pas respectés en application de cet aggravant, un autre organe d'isolement disposant d'un classement de sûreté adapté devra être identifié.

Recommandation N° 2

L'IRSN recommande que, pour le quatrième réexamen périodique des réacteurs de 1300 MWe, l'ensemble des vannes d'isolement dont la manœuvre est nécessaire à la démonstration de sûreté des inondations internes et des RTHE soient identifiées comme équipements de disposition agression (EDA) et classées de sûreté, indépendamment du caractère majorant ou non de la ligne à laquelle elles appartiennent. Elles devront bénéficier d'un suivi en exploitation adapté.

Recommandation N° 3

L'IRSN recommande qu'EDF reprenne, pour le quatrième réexamen périodique des réacteurs de 1300 MWe, les calculs de débit à la brèche pour lesquels la formule inversée d'Hazen Williams a été utilisée ainsi que, le cas échéant, les études d'inondation interne et de RTHE, le caractère conservatif de cette formule n'étant pas justifié.

Recommandation N° 4

L'IRSN recommande que, pour le quatrième réexamen périodique des réacteurs de 1300 MWe, la démonstration de sûreté du risque de RTHE considère, par local, une rupture sur chacune des tuyauteries haute énergie présentes. S'il ne peut être défini, en application des différentes approches retenues par EDF, un point de rupture sur chacune des THE présentes dans un local, pour chacune d'entre elles, le point le plus pénalisant vis-à-vis des conséquences doit être considéré pour la rupture.

Recommandation N° 5

L'IRSN recommande qu'EDF étudie, pour le quatrième réexamen périodique des réacteurs de 1300 MWe et pour l'ensemble des bâtiments, les conséquences des effets de jet consécutifs à une RTHE sur les tuyauteries et les vannes manuelles, lorsqu'elles ne sont pas couvertes par les conséquences des effets de fouettement.

ANNEXE 2 À L'AVIS IRSN N° 2022-00161 DU 26 JUILLET 2022

Observation de l'IRSN

L'IRSN considère qu'EDF devrait justifier, pour le quatrième réexamen périodique des réacteurs de 1300 MWe, dans les notes d'études d'inondation interne et de RTHE, que les débits à la brèche calculés à l'aide de la formule apparentée à la formule de Torricelli sont conservatifs pour l'ensemble des configurations de circuit rencontrées.