

Fontenay-aux-Roses, le 9 juin 2020

Monsieur le Président de l'Autorité de sûreté nucléaire

Avis IRSN n° 2020-00089

Objet...	REP - Palier 900 MWe - Instruction des suites du GP « VD4 900 Agressions » Thématique explosion interne
Réf(s) ..	[1] Avis IRSN/2019-00019 du 6 février 2019. [2] Saisine ASN CODEP-DCN-2020-006138 du 2 avril 2020. [3] Lettre ASN CODEP-DCN-2016-007286 du 26 avril 2016. [4] Avis IRSN 2018-00004 du 8 janvier 2018.
Nbre de page(s) ...	10

En vue de poursuivre l'exploitation des réacteurs de 900 MWe au-delà de leurs quatrièmes visites décennales (VD4 900), Électricité de France (EDF) a déposé, auprès de l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN), une demande d'autorisation accompagnée d'un dossier comportant notamment le rapport de sûreté de ces réacteurs et les études réalisées en support à leur démonstration de sûreté.

Faute de disposer de l'ensemble des éléments nécessaires, certains aspects relatifs aux risques d'explosion d'origine interne à l'installation n'ont pas pu être expertisés par l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN) dans le cadre de l'avis en référence [1]. EDF s'était alors engagé à remettre des livrables complémentaires, nécessaires à la prise de position de l'ASN sur la phase générique du réexamen de sûreté VD4 900, dans les meilleurs délais.

Dans ce contexte, l'ASN souhaite, par la saisine en référence [2], que l'IRSN examine les compléments apportés par EDF. L'expertise de l'IRSN porte ainsi :

- sur la démarche d'analyse mise en œuvre par EDF pour l'évaluation du risque d'explosion interne aux circuits et les dispositions complémentaires mises en œuvre pour maîtriser ce risque sur les réacteurs du palier CPY ;
- pour les réacteurs du palier CPY, sur les études des risques d'agression des lignes hydrogénées présentes dans le bâtiment réacteur connectées au pressuriseur, induits par le séisme événement ou la rupture de tuyauteries haute énergie ;
- pour les réacteurs du palier CPY, sur la méthode de sélection des locaux pour lesquels est réalisée une analyse des conséquences d'une explosion à la suite d'une fuite hors singularité et la pertinence des zones de dommage prises en compte dans ces analyses ;

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

MEMBRE DE

ETSON

EUROPEAN
TECHNICAL SAFETY
ORGANISATIONS
NETWORK

- pour les réacteurs du palier CPY et les réacteurs du Bugey, sur la pertinence de l'évaluation des effets d'une explosion à la suite d'une fuite composée d'hydrogène et d'azote, compte tenu de la révision par EDF des études support à cette évaluation ;
- sur les dispositions complémentaires mises en œuvre par EDF pour les locaux des réacteurs du palier CPY présentant un enjeu majeur de sûreté ;
- sur la parade complémentaire proposée par EDF en cas de perte de ventilation dans le local batteries L311 des réacteurs du palier CPY ;
- pour les réacteurs du palier CPY et les réacteurs du Bugey, sur les effets d'une explosion au niveau du parc à gaz ou d'un évaporateur d'azote.

1 RISQUE D'EXPLOSION À L'INTÉRIEUR DES CIRCUITS

Dans son dossier initial transmis à l'occasion du réexamen VD4 900, EDF limitait l'analyse du risque d'explosion interne aux circuits hydrogénés (c'est-à-dire à l'intérieur même des canalisations ou des capacités de ces circuits) à l'examen du retour d'expérience. Cette analyse ayant été jugée insuffisante, EDF a présenté une méthode visant une meilleure identification des scénarios susceptibles de conduire à une explosion interne aux circuits et l'a notamment déclinée aux réacteurs du palier CPY.

Cette méthode consiste, dans un premier temps, à identifier les scénarios pouvant potentiellement conduire à la formation d'un mélange inflammable dans les circuits véhiculant de l'hydrogène. EDF examine les causes possibles de chaque scénario et les éventuelles dispositions permettant de les éviter. Les conséquences des explosions possiblement liées à ces scénarios sont ensuite évaluées qualitativement. EDF distingue ainsi les explosions qui pourraient impacter un ou plusieurs systèmes de sûreté de celles sans conséquence. Dans un second temps, les scénarios présentant un impact potentiel sur la sûreté sont analysés selon une approche probabiliste. EDF s'appuie sur une estimation de la fréquence d'occurrence de situations à risque, et de la probabilité d'échec des différentes dispositions de maîtrise des risques mises en œuvre, pour évaluer la probabilité de chaque scénario d'explosion. Pour EDF, les scénarios d'explosion présentant une fréquence d'occurrence suffisamment faible sont considérés maîtrisés et les dispositions existantes suffisantes. Sur le palier CPY, EDF identifie deux scénarios nécessitant la mise en œuvre de nouvelles dispositions.

D'une manière générale, l'IRSN estime que les éléments transmis par EDF complètent significativement l'analyse du risque d'explosion interne aux circuits qui jusqu'ici se limitait à l'examen du retour d'expérience, et conduisent à une amélioration de la maîtrise de ce risque avec notamment la mise en œuvre de nouvelles dispositions. L'IRSN note par ailleurs les engagements pris par EDF à la fin de l'expertise afin de compléter son analyse du risque d'explosion interne aux circuits pour les prochains réexamens, et notamment celui d'examiner la possibilité d'intégrer l'analyse du risque d'explosion interne aux circuits aux études probabilistes de sûreté.

Néanmoins, l'approche retenue par EDF n'est pas suffisante dans le cadre d'une approche déterministe structurée selon une démarche de défense en profondeur. À cet égard, l'IRSN considère qu'EDF doit approfondir son analyse des scénarios pour lesquels la maîtrise du risque n'est assurée que par une seule ligne de défense en vérifiant notamment que la défaillance de cette ligne de défense ne conduit pas à des conséquences notables pour la sûreté. Ce point a été vérifié par EDF, sur les réacteurs du palier CPY, à la fin de la présente expertise, ce qui est satisfaisant. L'IRSN estime toutefois que cette vérification devra être systématiquement réalisée à l'occasion des prochains réexamens. **Ceci conduit l'IRSN à formuler la recommandation n° 1 en annexe 1.**

2 RISQUE D'EXPLOSION INTERNE À L'ILOT NUCLÉAIRE

2.1 Fuites liées aux lignes hydrogénées connectées au pressuriseur

EDF a vérifié la protection des lignes hydrogénées, reliées au pressuriseur, situées dans le bâtiment réacteur, contre les éventuelles conséquences de ruptures de tuyauteries haute énergie (RTHE) et d'une agression de type « séisme événement¹ ». EDF conclut à l'absence de risque d'agression de ces lignes.

Les éléments relatifs à la prise en compte de l'impact du séisme événement sur les lignes hydrogénées connectées au pressuriseur du palier CPY n'appellent pas de remarque.

Pour ce qui concerne les éléments relatifs aux ruptures de tuyauteries haute énergie, l'IRSN remarque que les lignes hydrogénées connectées au pressuriseur sont elles-mêmes des tuyauteries haute énergie. Il conviendra qu'EDF s'assure, dans le cadre des éléments complémentaires attendus concernant les fuites en dehors des singularités (cf. chapitre 2.2), qu'une RTHE postulée sur une ligne hydrogénée ne conduirait pas à l'agression par fouettement ou effet de jet d'une autre ligne hydrogénée, les effets conjugués pouvant potentiellement conduire à une situation plus pénalisante, en termes de risque d'explosion, que la rupture d'une seule ligne hydrogénée.

Par ailleurs, EDF s'est engagé à compléter son analyse des risques pour les tuyauteries hydrogénées, notamment pour ce qui concerne l'impact du jet consécutif à la rupture d'une tuyauterie haute énergie. Ceci est satisfaisant.

2.2 Fuites hydrogénées en dehors des singularités

Dans son dossier initial, EDF limitait son analyse des conséquences d'une fuite aux singularités démontables² des tuyauteries véhiculant de l'hydrogène. Cette analyse ayant été jugée insuffisante, EDF s'était engagé à analyser les conséquences, pour la sûreté, des explosions générées dans l'îlot nucléaire du palier CPY à la suite d'un dégagement anormal d'hydrogène au niveau des tuyauteries, en dehors des singularités démontables. Les analyses transmises par EDF à la suite de cet engagement constituent une amélioration de la démonstration de sûreté. **Toutefois, EDF n'a répondu que partiellement à son engagement en analysant uniquement ce risque dans le bâtiment des auxiliaires nucléaires, et non dans l'ensemble de l'îlot nucléaire. La réponse d'EDF devra donc être complétée en ce sens.**

Les conséquences des explosions sont analysées par EDF à l'aide de zones de dommage forfaitaires définies par jugement d'ingénieur. L'étendue de ces zones de dommage apparaît globalement adaptée. Toutefois, pour ce qui concerne la nature des dommages considérés dans ces zones, l'IRSN considère que la résistance postulée de certaines tuyauteries soumises aux effets des explosions n'est pas acquise. En effet, pour l'IRSN, les éléments qualitatifs transmis par EDF concernant la tenue de ces tuyauteries ne permettent pas de démontrer leur résistance compte tenu de leur proximité avec le local siège de l'explosion. **Ceci conduit l'IRSN à formuler la recommandation n° 2 en annexe 1.**

À l'issue de ses études, EDF a identifié sept locaux pour les réacteurs du palier CPY et dix-sept locaux pour les réacteurs du Bugey pour lesquels une explosion, liée à une fuite d'hydrogène hors singularité, est susceptible de conduire à la perte d'une fonction de sûreté. Pourtant, à ce jour, EDF ne prévoit pas de renforcer la maîtrise du risque d'explosion dans ces locaux considérant que les dispositions visant à prévenir ces fuites sont suffisantes. Sur ce point, l'IRSN estime qu'EDF ne répond pas aux objectifs fixés par l'ASN dans sa demande SUR 37 formulée dans le cadre des orientations du réexamen VD4 900 [3], et rappelée en annexe 3 au présent avis, concernant la nécessité de structurer l'analyse du risque d'explosion interne selon une démarche de défense en profondeur. **EDF devra donc compléter son analyse en présentant des**

¹ Agression, en cas de séisme de dimensionnement, d'un équipement classé au séisme par la chute ou le basculement d'un autre équipement non classé au séisme.

² Les singularités démontables sont notamment les vannes, clapets ou capteurs raccordés aux tuyauteries par des liaisons non soudées.

dispositions pour limiter les conséquences d'une fuite hors singularité des tuyauteries hydrogénées dans les locaux susmentionnés.

2.3 Révision des modélisations de fuites d'hydrogène

À la suite de la détection par l'IRSN, au cours de l'examen des études relatives aux agressions internes et externes [1] dans le cadre du réexamen VD4 900, d'une erreur dans les modélisations de dispersion de fuites composées d'hydrogène et d'azote, EDF s'était engagé à réviser les études concernées par cette erreur. Au cours de la présente expertise, l'IRSN a examiné les hypothèses prises en compte par EDF, dans les études corrigées, pour l'analyse des conséquences de ces fuites sur les réacteurs du palier CPY et les réacteurs du Bugey.

Pour ce qui concerne les fuites alimentées par des réservoirs connectés aux systèmes TEG³ et TEP⁴ et au dégazeur du système TEP, l'IRSN ne partage pas l'hypothèse retenue par EDF selon laquelle l'explosion de l'hydrogène issu de ces fuites serait sans effet. Pour l'IRSN, ces explosions, bien que peu violentes, pourraient conduire à la perte de matériels situés en champs proche de ces fuites. Il conviendrait de s'assurer que les conséquences pour la sûreté liées à la perte de ces matériels sont acceptables. **Ceci conduit l'IRSN à formuler l'observation n° 1 en annexe 4.**

Pour ce qui concerne les autres fuites, l'IRSN considère que les hypothèses prises en compte par EDF pour évaluer les conséquences d'une explosion, dans les études révisées, sont globalement adaptées. L'IRSN estime toutefois que l'évaluation de ces conséquences pourrait être affinée, en tenant compte des effets liés à la propagation d'une explosion par les ouvertures de surface inférieure à 1 m², non considérées à ce stade par EDF. **Ce point, qui constitue un axe d'amélioration pour les prochains réexamens de sûreté, conduit l'IRSN à formuler l'observation n° 2 en annexe 4.**

2.4 Conséquences d'une explosion pour la sûreté

Au cours de l'examen des études relatives aux agressions internes et externes dans le cadre du réexamen VD4 900 [1], EDF s'était engagé :

- à réaliser une analyse comparative des moyens de protection existants en matière de protection contre le risque d'explosion d'hydrogène ;
- à examiner la faisabilité de leur mise en œuvre pour les locaux dans lesquels une explosion conduirait à un risque de mode commun. Ces locaux sont aussi appelés locaux à enjeu majeur de sûreté.

En préalable, EDF a réévalué, pour chaque palier, les conséquences d'une explosion pour la sûreté dans les locaux à enjeu majeur de sûreté.

2.4.1 Réacteurs du palier CPY

Pour les réacteurs du palier CPY, EDF a réalisé un travail conséquent de réexamen du risque d'explosion dans les locaux concernés. À cet égard, les effets des explosions et leurs conséquences sur les fonctions de sûreté du réacteur ont été réexaminés.

En préalable, l'IRSN rappelle qu'une explosion ne doit pas remettre en cause le repli et le maintien en état sûr de l'installation. **Ce point a fait l'objet d'une recommandation de l'IRSN, dans l'avis en référence [4] relatif aux conclusions du réexamen VD3 1300, applicable à l'ensemble des paliers, et rappelée en annexe 2 au présent avis.**

De plus, l'approche mise en œuvre par EDF ne tient pas compte de l'ensemble des effets induits par une explosion. En effet, seuls les effets des projectiles et d'un incendie induits sont considérés. Pour l'IRSN, la démarche mise en œuvre par

³ Système de traitement des effluents gazeux.

⁴ Système de traitement des effluents liquides primaires.

EDF devrait également intégrer l'étude des conséquences de l'inondation induite par les ruptures de tuyauteries causées par une explosion. À la fin de l'expertise, EDF a présenté, pour deux groupes de locaux présentant un risque potentiel d'explosion, des éléments visant à justifier que la prise en compte d'une telle inondation n'a pas d'impact pour la sûreté du réacteur. Si, dans le principe, la nature des éléments apportés par EDF est satisfaisante, ces derniers n'ont toutefois pas été transmis à une échéance compatible avec leur expertise détaillée. En tout état de cause, l'IRSN estime qu'EDF doit compléter sa démarche d'analyse du risque d'explosion interne en y intégrant l'étude des risques liés à une inondation induite, à l'occasion des prochains réexamens. **Ceci conduit l'IRSN à formuler la recommandation n° 3 en annexe 1.**

Par ailleurs, l'IRSN souligne qu'EDF doit affiner ses études pour permettre de conclure favorablement sur la maîtrise du risque d'explosion dans les groupes de locaux suivants du bâtiment des auxiliaires nucléaires.

Locaux NA313 et NA315 :

L'IRSN estime que l'évaluation des effets d'une explosion dans le local NA313 sur certains planchers mériterait d'être confortée. En outre, l'évaluation de la résistance du génie civil à cette explosion est basée sur des modèles complexes dont il convient d'évaluer les limites. Or, EDF n'a pas suffisamment justifié le niveau de confiance associé à cette évaluation. Pour l'IRSN, EDF devrait donc conforter son analyse de la résistance du génie civil à cette explosion. **Ceci conduit l'IRSN à formuler l'observation n° 3 en annexe 4.**

De plus, EDF s'est engagé à fournir des compléments d'analyse pour démontrer la résistance de certaines tuyauteries soumises aux effets d'une explosion dans ces locaux ainsi que la capacité à replier le réacteur compte tenu des désordres fonctionnels générés par l'explosion, ce qui est satisfaisant dans le principe.

Locaux NB384, NB391 et NB424 :

L'IRSN estime que les justifications apportées par EDF concernant la résistance des tuyauteries présentes à l'intérieur de ces locaux sont trop sommaires et ne prennent pas en compte l'ensemble des effets associés à une explosion (effets de pression, passage de la flamme, projectiles internes ou encore éventuel feu torche). Ainsi, l'IRSN estime qu'EDF devra compléter ces justifications pour les tuyauteries de ces locaux considérées comme résistantes. **Ceci conduit l'IRSN à formuler la recommandation n° 4 en annexe 1.**

2.4.2 Réacteurs du Bugey

Pour ce qui concerne les réacteurs du Bugey, EDF a réexaminé les conséquences des explosions sur les fonctions de sûreté du réacteur. Les études détaillées présentant ces éléments, transmises trop tardivement par EDF, n'ont pas été examinées dans le détail. Concernant les conclusions de ces études, EDF identifie six locaux pour lesquels une explosion conduirait à la perte d'une fonction de sûreté. À l'issue d'une analyse comparative des moyens de protection existants contre le risque d'explosion d'hydrogène, EDF n'identifie pas de solution industrielle directement applicable. Aussi, EDF n'envisage pas de mettre en œuvre de disposition complémentaire pour limiter les conséquences d'une explosion. Ceci n'est pas satisfaisant et ne répond pas à la demande SUR 37 précitée, formulée par l'ASN dans le cadre des orientations du réexamen VD4 900, et rappelée en annexe 3 au présent avis, concernant la nécessité de structurer l'analyse du risque d'explosion interne selon une démarche de défense en profondeur. **La réponse d'EDF devra donc être complétée en ce sens.**

2.5 Locaux batteries

Au cours de l'examen des études relatives aux agressions internes et externes dans le cadre du réexamen VD4 900 [1], EDF s'était engagé à proposer une parade pouvant être mise en œuvre en cas de perte de la ventilation dans le local L311 des réacteurs du palier CPY. En réponse, EDF indique qu'il mettra en place un système passif ayant pour objectif de recombinaison

l'hydrogène pouvant s'accumuler dans ce local en cas de perte de la ventilation. **Cette disposition est acceptable dans son principe.**

3 RISQUE D'EXPLOSION EXTERNE À L'ILOT NUCLÉAIRE

Au cours de l'examen des études relatives aux agressions internes et externes dans le cadre du réexamen VD4 900 [1], EDF s'était engagé à réaliser des évaluations de l'impact pour la sûreté d'une explosion au niveau du parc à gaz ou au niveau d'un évaporateur d'azote. Les études correspondantes concluent que ces explosions n'auraient pas d'impact significatif sur les bâtiments abritant des cibles de sûreté pour les réacteurs du palier 900 MWe. **Ces éléments n'appellent pas de remarque.**

4 CONCLUSION

L'IRSN souligne l'ampleur des études des risques d'explosion d'origine interne à l'installation menées par EDF dans le cadre du réexamen VD4-900, ainsi que les améliorations apportées à la plupart de ces études par rapport au réexamen précédent.

À ce stade, l'IRSN considère toutefois qu'EDF doit, dans le cadre du réexamen VD4 900, fournir des éléments complémentaires de démonstration concernant la tenue de certaines tuyauteries à la suite d'une explosion et, le cas échéant, proposer des dispositions supplémentaires. De plus, l'IRSN rappelle la nécessité de structurer l'analyse du risque d'explosion interne selon une démarche de défense en profondeur. À cet égard, des compléments sont attendus concernant la maîtrise du risque d'explosion dans les locaux pour lesquels une explosion conduit à la perte d'une fonction de sûreté du réacteur.

Enfin, l'IRSN a identifié des évolutions à apporter à ces études, à l'occasion des prochains réexamens, afin d'améliorer la démarche d'analyse du risque d'explosion interne et de mieux prendre en compte les effets induits associés.

Ainsi, l'IRSN considère que les études menées par EDF, relatives à la maîtrise du risque d'explosion, doivent être complétées par la prise en compte des recommandations formulées en annexes.

Pour le Directeur général et par délégation,
Frédérique PICHEREAU
Adjointe à la Directrice de l'expertise de sûreté

Annexe 1 à l'avis IRSN n° 2020-00089 du 9 juin 2020

Recommandations de l'IRSN

Recommandation n° 1

L'IRSN recommande que, pour les prochains réexamens de sûreté et en cohérence avec une démarche de défense en profondeur, EDF démontre, pour les scénarios potentiels d'explosion interne aux circuits considérés comme résiduels et pour lesquels la maîtrise du risque d'explosion n'est assurée que par une seule ligne de défense, que la défaillance de cette ligne de défense ne remet pas en cause leur caractère résiduel. Dans le cas contraire, EDF devra démontrer que ces situations ne conduisent pas à des conséquences notables pour la sûreté.

Recommandation n° 2

L'IRSN recommande que, dans le cadre du réexamen VD4 900, EDF démontre la tenue des tuyauteries considérées comme résistantes aux effets d'une explosion survenant dans le local NB296 à la suite d'une fuite d'hydrogène en dehors des singularités démontables. À défaut, ces tuyauteries devront être protégées des effets d'une explosion.

Recommandation n° 3

L'IRSN recommande, que pour les prochains réexamens de sûreté, EDF complète son référentiel « explosion » afin de prendre en compte les inondations internes liées aux fuites potentiellement induites par une explosion.

Recommandation n° 4

L'IRSN recommande que, dans le cadre du réexamen VD4 900, l'exploitant démontre la tenue des tuyauteries considérées comme résistantes dans la zone d'impact associée à une explosion dans le groupe de locaux NB384 / NB391 / NB424 en tenant compte de l'ensemble des effets d'une explosion.

Annexe 2 à l'avis IRSN n° 2020-00089 du 9 juin 2020

Rappel de recommandations issues d'avis antérieurs de l'IRSN

Rappel de la recommandation n° 17 de l'avis IRSN 2018-00004 du 8 janvier 2018 [4] :

L'IRSN recommande qu'EDF vérifie, sur tous les paliers, que les fonctions nécessaires au repli en état sûr du réacteur à la suite d'une explosion restent disponibles.

Annexe 3 à l'avis IRSN n° 2020-00089 du 9 juin 2020

Rappel de demandes de l'Autorité de sûreté nucléaire

Rappel de la demande SUR 37 de la lettre de l'ASN CODEP-DCN-2016-007286 du 26 avril 2016 [3] :

L'ASN vous demande de prendre en compte, dans la note de synthèse relative au risque d'explosion interne, les évolutions nécessaires de la démonstration de sûreté des réacteurs de 900 MWe relatives aux risques liés à l'explosion, notamment pour ce qui concerne la structuration de la démarche de défense en profondeur, selon une approche proportionnée aux conséquences.

Annexe 4 à l'avis IRSN n° 2020-00089 du 9 juin 2020

Observations de l'IRSN

Observation n° 1

L'IRSN estime que, dans le cadre du réexamen VD4 900, EDF devrait vérifier que la perte des systèmes cibles situés à l'intérieur des locaux du palier 900 MWe dans lesquels l'explosion d'une fuite d'hydrogène alimentée par les bâches TEG 001 BA, TEP 001 BA et le dégazeur TEP est possible n'a pas d'impact pour la sûreté.

Observation n° 2

L'IRSN estime que, pour les prochains réexamens de sûreté, EDF devrait tenir compte de l'impact de la propagation des effets d'une explosion par les ouvertures présentant une surface inférieure à 1 m².

Observation n° 3

L'IRSN estime que, dans le cadre du réexamen VD4 900, EDF devrait justifier, par des études de sensibilité sur les paramètres choisis, le niveau de confiance associé à son évaluation de la tenue du génie civil en cas de détonation dans le local NA313. À cet égard, EDF devrait notamment vérifier qu'un chargement en pression plus pénalisant au niveau du plancher et du plafond du local NA313 ne remet pas en cause leur tenue.