



DIRECTION DES CENTRALES NUCLEAIRES

Montrouge, le 22 novembre 2018

Réf. : CODEP-DCN-2018-018786**Monsieur le Directeur
Division Production Nucléaire
EDF
Site Cap Ampère – 1 place Pleyel
93 282 SAINT-DENIS CEDEX**

**Objet : Réacteurs électronucléaires de 1450 MWe - EDF
Examen des études probabilistes de sûreté de niveaux 1 (EPS 1) et 2 (EPS 2) des réacteurs de 1450 MWe en vue de leur deuxième réexamen périodique**

Réf. : Voir annexe 3

Monsieur le Directeur,

Les études probabilistes de sûreté (EPS) constituent une méthode d'évaluation des risques basée sur l'identification de scénarios accidentels et de leurs conséquences ainsi que de leur probabilité. Elles permettent d'obtenir une vision globale de la sûreté, en intégrant aussi bien le comportement des équipements que celui des opérateurs. Dans le cadre des réexamens périodiques, elles sont utilisées pour identifier des points d'amélioration des installations qui peuvent nécessiter des modifications de matériel ou d'exploitation.

On distingue à cet effet :

- les EPS de niveau 1 (EPS1), qui permettent d'identifier les scénarios menant à la fusion du cœur et d'en déterminer la fréquence ;
- les EPS de niveau 2 (EPS2), qui interviennent en prolongement des EPS1 et qui permettent d'évaluer la nature, l'importance, la précocité et la fréquence des rejets radiologiques en dehors de l'enceinte de confinement des réacteurs, dès lors qu'un scénario a mené à la fusion du cœur. Ces études permettent également d'analyser les principales contributions au risque de rejets et d'identifier des axes d'amélioration.

Les instructions précédentes portant sur les EPS1 et les EPS2 des réacteurs de 1300 MWe ont conduit l'ASN, par courriers en références [2] et [3], à préciser les développements et justifications attendus pour les EPS réalisées dans le cadre des réexamens suivants, dont le deuxième réexamen des réacteurs de 1450 MWe.

Par ailleurs, par courrier en référence [1], l'ASN a précisé les objectifs du deuxième réexamen périodique des réacteurs de 1450 MWe.

L'ASN a instruit les EPS1 et EPS2 que vous avez transmises dans le cadre de ce réexamen. Cette instruction s'est appuyée sur une expertise de l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN) qui a notamment

porté sur :

- l'EPS de niveau 1 relative aux événements internes¹ pour le réacteur ;
- l'EPS de niveau 2 relative aux événements internes, pour le réacteur et la piscine de désactivation ;
- l'identification, à l'aide de l'EPS1, de « dispositions complémentaires » pour la gestion de situations non couvertes par le dimensionnement de référence de l'installation, l'étude des conditions de fonctionnement du domaine complémentaire ainsi que l'évaluation des conséquences radiologiques de ces conditions de fonctionnement complémentaires ;
- la transposition aux réacteurs de 1450 MWe des enseignements et améliorations éventuelles de l'EPS de niveau 1 relative aux initiateurs d'inondation interne réalisée dans le cadre du troisième réexamen périodique des réacteurs de 1300 MWe ;
- l'EPS de niveau 1 relative au risque lié à la survenue d'un incendie ;
- l'étude de l'impact d'un incendie sur les systèmes qui contribuent à la limitation des rejets radioactifs en cas d'accident avec fusion du cœur ;
- la mise en œuvre de la méthode de sélection des agressions externes utilisée et le programme de travail qui en résulte ;
- la validité des différentes données utilisées dans les études probabilistes présentées.

L'ASN a consulté le groupe permanent d'experts pour les réacteurs nucléaires (GPR) le 1^{er} février 2018 sur les méthodes utilisées pour réaliser ces EPS, les résultats obtenus, ainsi que les conclusions auxquelles vous êtes parvenus, notamment en termes de modifications à réaliser dans le cadre du deuxième réexamen périodique des réacteurs de 1450 MWe. À l'issue de cette réunion, le GPR a rendu son avis en référence [4]. Vous avez par ailleurs pris des engagements, par courrier en référence [5].

L'EPS1 relative aux événements internes de la piscine de désactivation du combustible usé (piscine BK) a fait l'objet d'une instruction anticipée et d'un courrier de l'ASN en référence [6]. Au cours de cette instruction, vous avez par ailleurs pris un certain nombre d'engagements [7].

Enfin, faute de transmission d'un dossier complet de votre part, l'évaluation probabiliste des situations conduisant à des risques de surpression à froid du circuit primaire, initialement prévue dans le périmètre de l'instruction, fera l'objet d'une instruction ultérieure.

Je vous prie de bien vouloir trouver ci-après la position de l'ASN ainsi que ses demandes sur l'ensemble de ces sujets.

*

A) Études probabilistes de niveau 1 relatives aux événements internes

Par rapport aux EPS1 réalisées lors du premier réexamen périodique des réacteurs de 1450 MWe, l'ASN note qu'EDF a apporté un certain nombre d'évolutions, notamment concernant les modélisations.

Au vu de ces études, EDF conclut que les modifications déjà prévues dans le cadre du deuxième réexamen périodique sont suffisantes pour garantir un niveau de risque de fusion du cœur suffisamment faible et n'identifie pas de nouveau besoin de modification. EDF a toutefois pris plusieurs engagements dans le cadre des EPS1 pour le réacteur et le bâtiment combustible (BK), qui peuvent conduire à une mise à jour de ces EPS et qui sont également susceptibles d'avoir un impact sur la définition du domaine complémentaire. **Je vous demande de vous réinterroger sur la nécessité de mettre en place des modifications complémentaires de vos installations à l'issue de la prise en compte de ces engagements et des demandes de l'ASN formulées en annexe 1.**

¹ Les événements dit « internes » correspondent à des dysfonctionnements qui surviennent sur des équipements de l'installation conduisant à des situations incidentelles ou accidentelles.

B) Études probabilistes de niveau 2 (EPS2) relatives aux évènements internes

Les EPS2 réalisées par EDF dans le cadre de ce réexamen périodique s'inscrivent dans la continuité des études réalisées pour les réacteurs de 1300 MWe dans le cadre du troisième réexamen des réacteurs de 1300 MWe. L'ASN a pris position sur ces études par courrier en référence [3] et a formulé un certain nombre de demandes qui ont été prises en compte dans le cadre du deuxième réexamen périodique des réacteurs de 1450 MWe.

A l'issue de l'instruction, je note que des interrogations subsistent quant à la dégradation potentielle du confinement au niveau du dôme des enceintes dans certaines situations accidentelles, ainsi que sur la capacité du système de filtration de l'espace entre enceintes à fonctionner compte-tenu des conditions d'ambiance présentes dans cet espace. L'ASN note également que certaines demandes issues du courrier en référence [3] n'ont pas été prises en compte. **Vous trouverez des demandes en annexe 1 sur ces différents points.**

En termes d'enseignements, EDF ne prévoit pas de dispositions matérielles ou d'exploitation supplémentaires par rapport à celles déjà prévues dans le cadre du réexamen périodique. Je note également que les modifications déjà prévues permettent de réduire de manière notable certaines catégories de rejets non filtrés, notamment en cas de perte totale des alimentations électriques, ce qui est satisfaisant. Je note enfin qu'EDF ne valorise pas l'ensemble des modifications matérielles qui seront réalisées au cours de la deuxième visite décennale et qui sont susceptibles d'avoir un impact important sur l'évaluation réaliste des rejets radioactifs.

Je considère qu'EDF devra se réinterroger sur le besoin de modifications complémentaires à l'issue de la prise en compte des demandes formulées par l'ASN, ainsi que des engagements pris par courrier en référence [5].

C) Domaine complémentaire

EDF a présenté une liste actualisée de dispositions complémentaires, sur la base des EPS1 relatives aux évènements internes pour le réacteur, et des EPS relatives aux situations de perte de refroidissement pour la piscine BK. A l'issue de l'instruction, je note qu'EDF a pris des engagements conduisant à modifier cette liste et que certaines justifications apportées visant à étayer l'absence de prise en compte de certaines dispositions comme dispositions complémentaires doivent être complétées, **ce qui fait l'objet de deux demandes en annexe 1.**

Je vous rappelle enfin qu'une anomalie d'étude a été déclarée par EDF concernant la vérification de la sous-criticité pour certains transitoires du domaine complémentaire ([9]). Au cours de l'instruction, EDF s'est engagée à fournir les études des transitoires concernés, ce qui est satisfaisant.

D) Études probabilistes relatives aux risques d'inondation interne

Conformément au programme de travail retenu pour ce réexamen périodique, EDF a analysé la transposabilité des enseignements et améliorations éventuelles issues des EPS relatives aux risques d'inondation interne réalisées pour les réacteurs de 1300 MWe aux réacteurs de 1450 MWe. L'agencement des locaux et l'implantation générale des matériels sont similaires entre les réacteurs de type P4 et N4, à l'exception du bâtiment des auxiliaires nucléaires (BAN), qui a donc fait l'objet d'une analyse quantitative spécifique. Je considère que la démarche générale utilisée pour réaliser ces analyses est satisfaisante. Des justifications restent toutefois attendues, ce qui a conduit EDF à prendre plusieurs engagements. Le cas échéant, EDF devra tirer les enseignements de ces compléments. Je note toutefois qu'EDF n'a pas pris d'engagement concernant l'un des scénarios d'inondation. **Vous trouverez une demande à ce sujet en annexe 1.**

Concernant le BK, EDF a pris un engagement, par courrier en référence [7], visant à étudier l'impact éventuel sur les capacités d'évacuation de la puissance résiduelle d'une inondation interne résultant d'une vidange à la suite de la rupture d'une tuyauterie du circuit de traitement et de réfrigération des piscines (PTR). Je considère

que cet engagement est satisfaisant dans le cadre de ce réexamen, mais que des EPS relatives au risque d'inondation interne devront être développées spécifiquement pour la piscine BK à échéance des prochains réexamens périodiques.

EDF conclut à l'absence de risque significatif lié à une inondation interne pour les réacteurs de 1450 MWe. En conséquence, EDF n'a pas réalisé d'étude complémentaire dans le cadre des EPS2. Cette conclusion n'appelle pas de commentaire. Toutefois, je considère qu'EDF devra évaluer l'opportunité de développer des EPS2 relatives à l'inondation interne à échéance des prochains réexamens périodiques.

E) Etudes probabilistes relatives aux risques d'incendie

Conformément au programme de travail de ce réexamen, EDF a développé :

- une EPS1 relative aux scénarios d'incendie sur la base de la méthodologie employée dans le cadre du troisième réexamen périodique des réacteurs de 1300 MWe, tout en apportant certaines évolutions, faisant notamment suite aux demandes de l'ASN formulées par courrier en référence [2] ;
- une étude relative aux conséquences d'un incendie sur les systèmes qui contribuent à la limitation des rejets radioactifs en cas d'accident avec fusion du cœur.

EPS de niveau 1

EDF a reconduit la méthodologie développée lors du troisième réexamen périodique des réacteurs de 1300 MWe, tout en étayant certaines hypothèses. Je considère que la démarche générale utilisée pour réaliser ces analyses est recevable dans le cadre de ce réexamen, compte tenu des engagements pris par EDF.

L'EPS1 « incendie » développée par EDF met en évidence la sensibilité particulière du bâtiment électrique (BL), ainsi que l'existence d'un scénario très prépondérant, ce qui a conduit EDF à prendre l'engagement d'étudier des modifications permettant de réduire la probabilité de fusion du cœur associée à ce scénario, ce qui est satisfaisant. L'ASN sera particulièrement attentive aux conclusions de cette étude. Toutefois, l'EPS1 « incendie » met également en évidence d'autres événements initiateurs et volumes de feu contribuant de manière importante au risque de fusion du cœur, pour lesquels EDF n'a pas tiré l'ensemble des enseignements.

Vous trouverez une demande à ce sujet en annexe 1.

Étude des conséquences d'un incendie sur les systèmes qui contribuent à la limitation des rejets radioactifs

Conformément aux engagements pris dans le cadre des orientations du deuxième réexamen périodique des réacteurs de 1450 MWe, EDF a réalisé une évaluation des risques de défaillance causées par un incendie des systèmes qui contribuent à la limitation des rejets radioactifs, en cas d'accident avec fusion du cœur. De manière générale, l'étude d'EDF permet d'identifier les situations d'incendie pouvant conduire à la fois à un accident de fusion du cœur et à l'indisponibilité partielle ou totale d'une fonction valorisée en accident grave.

Bien que l'étude permette d'évaluer la dégradation des moyens de gestion d'un accident avec fusion du cœur modélisés dans l'EPS2 relative aux événements internes, elle ne permet pas de quantifier la fréquence des rejets en cas d'incendie, ce qui rend difficile l'appréciation des risques associés. Je considère donc que cette étude ne constitue qu'une étape dans le développement des EPS2 relatives aux risques d'incendie, qui devra se poursuivre dans le cadre des prochains réexamens. Compte tenu de ces éléments, il est difficile de conclure sur le risque de rejets induits par un incendie pour de nombreux scénarios. **À ce titre, EDF a pris un certain nombre d'engagements pour développer des EPS2 complètes relatives aux risques d'incendie dans le cadre des prochains réexamens périodiques, ce qui est satisfaisant.**

F) Agressions externes

EDF a décliné la démarche d'identification des agressions externes pour lesquelles elle envisageait de développer des études probabilistes. Cette démarche s'appuie sur un ensemble de critères permettant de

retenir ou d'exclure des agressions externes. Cette démarche a fait l'objet d'une instruction dans le cadre des orientations associées au quatrième réexamen périodique des réacteurs de 900 MWe. Elle vous a conduit à ne retenir que la chute d'avion et le séisme comme devant faire l'objet d'une analyse probabiliste pour les réacteurs de 1450 MWe.

Concernant les risques associés au séisme, EDF a réalisé une évaluation basée sur une approche probabiliste très simplifiée qui ne permet pas à ce stade de définir les événements initiateurs induits par le séisme et donc d'analyser les séquences accidentelles résultantes et les principaux contributeurs au risque de fusion du cœur. Cette étude ne répond donc pas à l'objectif d'amélioration de l'installation. Je note cependant qu'une EPS relative au risque de séisme est actuellement développée dans le cadre du quatrième réexamen périodique des réacteurs de 900 MWe. **L'ASN sera attentive aux conclusions de cette analyse et considère que de telles EPS devront être développées pour l'ensemble des prochains réexamens périodiques.**

Concernant la chute d'avion, EDF considère que l'application de la RFS 1.2.a [10] constitue déjà, en partie, une appréciation probabiliste du risque. EDF prévoit par ailleurs d'inclure dans le rapport de sûreté l'analyse correspondante. Je considère qu'EDF devra poursuivre, dans le cadre des prochains réexamens périodiques, l'évaluation des risques liés aux chutes d'avions au-delà du seul effet considéré jusqu'à présent de l'impact direct de l'aéronef sur les cibles de sûreté, conformément au courrier de l'ASN en référence [11].

De façon générale, je considère qu'EDF doit poursuivre le développement d'évaluations probabilistes pour les agressions externes, en les priorisant en fonction des enjeux de sûreté. À cet égard EDF a pris un certain nombre d'engagements pour les prochains réexamens périodiques.

G) Données de fiabilité – Défaillance de cause commune (DCC)

Dans le cadre des EPS développées pour les réacteurs de 1450 MWe à l'état VD2, EDF a mis à jour, sur la base du retour d'expérience de l'exploitation des réacteurs de 1300 MWe et 1450 MWe, les fréquences des initiateurs et les paramètres de fiabilité des matériels, et sur la base du retour d'expérience de l'exploitation des réacteurs de 1450 MWe, le profil de fonctionnement et les taux d'indisponibilité des matériels. Concernant les taux d'indisponibilité des matériels, je note que la période d'observation retenue par EDF est relativement ancienne et courte (2003-2005). **Je considère qu'EDF devrait élargir autant que possible les sources d'information utilisées, tant locales que nationales, afin d'améliorer la robustesse des données de fiabilité.**

Je note également les efforts d'EDF pour faire évoluer sa méthode d'identification des défaillances de cause commune (DCC), notamment pour tenir compte du retour d'expérience. Son instruction se poursuit dans le cadre du quatrième réexamen périodique des réacteurs de 900 MWe. Compte-tenu de la nouveauté du sujet, l'ASN n'est pas en mesure de conclure à ce stade sur la robustesse des paramètres de défaillances de cause commune utilisés pour les EPS des réacteurs de 1450 MWe.

*

Les EPS réalisées par EDF dans le cadre du deuxième réexamen périodique des réacteurs de 1450 MWe répondent globalement aux objectifs définis lors des orientations de ce réexamen, sous réserve du respect des engagements pris au cours de l'instruction et de la prise en compte des demandes formulées en annexe 1 du présent courrier.

Ces études n'ont pas conduit EDF à proposer des modifications de conception ou d'exploitation complémentaires par rapport à celles initialement prévues pour ce réexamen, à l'exception de la modification des soupapes du pressuriseur visant à prévenir leur ouverture intempestive en cas d'un incendie dans les locaux électriques. EDF devra néanmoins se réinterroger sur ce point une fois que les compléments et les réponses aux demandes de l'ASN auront été apportés.

Vous trouverez en annexe 1 les demandes applicables pour le deuxième réexamen périodique des réacteurs de 1450 MWe et en annexe 2 les demandes applicables pour les prochains réexamens périodiques.

Je vous prie d'agréer, Monsieur le Directeur, l'expression de ma considération distinguée.

Le directeur général adjoint

SIGNE
Julien COLLET

Demandes de l'ASN pour le deuxième réexamen périodique des réacteurs de 1450 MWe

A. EPS de niveau 2

A.1. *Risque lié à la production d'hydrogène en accident grave*

En 2013, à l'issue de l'instruction de l'EPS2 des réacteurs de 1300 MWe, l'ASN a formulé des demandes relatives aux risques liés à l'hydrogène par courrier en référence [3]. A ce titre, je note qu'EDF a amélioré et précisé sa méthodologie, ainsi que les hypothèses retenues.

Dans le but d'étudier ces risques, EDF a modélisé le bâtiment réacteur en 14 compartiments. Vis-à-vis du risque de déflagration rapide, EDF ne considère que les compartiments directement adjacents à l'enceinte (deux dans le bâtiment réacteur, un dans l'espace entre enceintes). Ces compartiments étant d'un volume important, la modélisation associée conduit à homogénéiser la concentration d'hydrogène calculée et donc à sous-estimer les concentrations locales d'hydrogène, qui peuvent se révéler plus élevées que celles calculées par EDF. De plus, EDF ne tient pas compte du risque d'accélération de flamme² et de déflagration rapide dans les autres compartiments du bâtiment réacteur, pour évaluer la tenue de l'enceinte. Ces hypothèses peuvent conduire à sous-estimer le risque de rupture de l'enceinte. Enfin, la probabilité conditionnelle de rupture de l'enceinte interne en cas de déflagration rapide initiée dans l'un des compartiments adjacents à l'enceinte n'est pas justifiée.

Demande A.1 : Je vous demande de justifier sous un an l'absence de prise en compte du risque d'accélération de flamme à partir des compartiments internes de l'enceinte de confinement vis-à-vis du risque de déflagration rapide et de la tenue de l'enceinte, et à défaut de prendre en compte ce phénomène.

Je vous demande également de justifier, sous un an, la valeur de probabilité que vous avez retenue pour la rupture de l'enceinte interne en cas de déflagration rapide.

A.2. *Sollicitations de l'enceinte en accident grave*

Les modélisations de l'enceinte de confinement en situation d'accident grave réalisées par EDF et l'IRSN font apparaître un comportement particulier, qui conduit à une fissuration d'une partie du dôme dans certains scénarios accidentels. Ces observations sont principalement liées au comportement thermomécanique différentiel du béton du dôme et des poutres de structure de ce dôme. La fissuration ainsi observée intervient nettement avant 24 heures, délai minimal prévu par le guide d'intervention en accident grave (GIAG) avant de requérir l'ouverture du système de dépressurisation ultime de l'enceinte (filtre U5). Les résultats obtenus à l'issue de ces modélisations dépendent fortement des hypothèses retenues (représentativité des chargements thermomécaniques dans ces situations, représentativité du modèle numérique de l'enceinte ...). Je considère qu'EDF doit caractériser le risque associé à ce phénomène ainsi que l'impact du comportement de l'enceinte sur son taux de fuite et donc sur les rejets à l'atmosphère. En tout état de cause, l'ASN estime qu'EDF doit également étudier les solutions de modification ou de renforcement envisageables pour le cas où elles seraient

² Accélération de flamme : Dans un environnement présentant des obstacles, une flamme se propageant suivant un mode lent (déflagration) peut être accélérée fortement et conduire à des effets destructeurs sur les équipements environnants, et notamment l'enceinte de confinement.

nécessaires. Le cas échéant, ces dispositions devront être mises en œuvre lors des deuxièmes visites décennales des réacteurs de 1450 MWe.

Demande A.3 : Je vous demande d'évaluer par le calcul, sous trois mois, le risque de dégradation du confinement au niveau du dôme des réacteurs de 1450 MWe en situation d'accident grave, compte tenu des comportements thermomécaniques différentiels du dôme et des poutres qui le supportent. Cette évaluation devra présenter la sensibilité aux différents paramètres du modèle numérique utilisé. Vous présenterez, le cas échéant, sous six mois, les modifications matérielles ou d'exploitation permettant de limiter ce risque. Si elles devaient s'avérer nécessaires, ces dispositions devront être mises en œuvre lors des deuxièmes visites décennales de ces réacteurs.

Je vous demande de réaliser également cette évaluation pour les enceintes des réacteurs de 1300 MWe de type P4, compte-tenu de leur conception similaire à celle des réacteurs de 1450 MWe. Le cas échéant, je vous demande de définir un échéancier de mise en œuvre des modifications nécessaires.

A.3. Modélisation du système EDE

Les performances du système EDE dépendent fortement des conditions de température et d'hygrométrie dans l'espace entre enceintes. Ainsi, il est nécessaire de maintenir une température inférieure à 80 °C et une humidité relative de 40 %, afin de garantir le bon fonctionnement de ce système. Par courrier en référence [5], EDF a indiqué avoir réalisé sur les réacteurs de 1300 MWe une évaluation de l'humidité relative dans l'espace entre enceintes, pour un scénario d'accident grave qu'EDF considère comme étant enveloppe. EDF conclut que les conditions de température et d'humidité restent durablement compatibles avec un bon fonctionnement du système EDE. EDF considère par ailleurs que, compte-tenu des conceptions similaires des enceintes des réacteurs de type P4 et N4, cette conclusion est applicable aux réacteurs de 1450 MWe. EDF n'a pourtant pas justifié que le scénario d'accident grave considéré est également enveloppe pour les réacteurs de 1450 MWe, vis-à-vis des conditions dans l'espace entre enceintes.

Demande A.4 : Je vous demande de justifier que le scénario retenu vis-à-vis des conditions de température et d'humidité dans l'espace entre enceintes pour les réacteurs de 1300 MWe est enveloppe pour les réacteurs de 1450 MWe. À défaut, je vous demande de justifier que les limites de fonctionnement de l'EDE ne seront pas atteintes avant l'ouverture du dispositif U5 pour l'ensemble des scénarios considérés dans l'EPS2 des réacteurs de 1450 MWe.

A.4. Résultats et enseignements de l'EPS2

Contrairement à la demande D.16 du courrier en référence [3], EDF n'a pas réalisé d'évaluation réaliste des rejets radiologiques pour les différents scénarios de rejet. Or, l'objectif des EPS de niveau 2 est d'apporter des éléments d'appréciation sur l'intérêt de mettre en œuvre des modifications portant sur la limitation en fréquence des situations de rejets, mais également sur la limitation de leurs conséquences. À ce titre, EDF doit évaluer de manière réaliste les rejets radioactifs dans l'environnement dans le cadre des EPS2. De plus, EDF retient un nombre limité de catégories de rejets. Ce faible nombre ne permet pas de rendre compte de la chronologie des rejets, en particulier lorsqu'ils surviennent dans les premières heures de l'accident. Enfin, EDF associe à ces différentes catégories de rejets des scénarios dont les conséquences radiologiques peuvent différer de plusieurs ordres de grandeur.

Demande A.5 : Je vous demande de procéder à une évaluation réaliste des rejets à partir de calculs de l'EPS2 afin de pouvoir hiérarchiser les séquences de l'EPS2 en termes de conséquences. Le cas échéant, vous vous prononcerez sur la mise en œuvre de parades permettant de limiter ces conséquences, au plus tard lors des deuxièmes réexamens des réacteurs de 1450 MWe.

B. Domaine complémentaire

EDF n'a pas retenu la disposition complémentaire « secours du RRA par le PTR », en considérant que la fréquence de fusion associée à la séquence concernée, sans mise en œuvre de cette parade, est inférieure à la cible probabiliste retenue de « quelques 10^{-7} par année réacteur » ($8.8.10^{-8}/a.r$). Pour l'étude des séquences concernées (brèche ou perte du RRA en état API-SO), EDF valorise les systèmes RIS et EAS pour le refroidissement du réacteur, en cas de défaillance du RRA. Or l'ASN note que certains modes de défaillance susceptibles de conduire à la perte des pompes RIS et EAS ne sont pas modélisés (cavitation des pompes, défauts de remplissage des puisards...). La prise en compte de ces modes de défaillance pourrait conduire à devoir finalement retenir la disposition « secours du RRA par le PTR » comme disposition complémentaire. Je vous rappelle que cette disposition a été retenue par EDF sur les réacteurs de 1300 MWe et que, en cas d'indisponibilité de la recirculation RIS/EAS, la réparation du système RRA est difficilement envisageable en phase long terme en situation accidentelle car ce système est situé dans le bâtiment réacteur.

Demande A.6 : Je vous demande, sous un an, de modéliser l'ensemble des modes de défaillance associés aux pompes RIS et EAS. Après avoir réévalué les séquences susceptibles de valoriser la disposition complémentaire potentielle « secours du RRA par le PTR », vous vous prononcerez sur la nécessité de la retenir comme disposition complémentaire.

L'ASN vous demande de mettre à jour les résultats des EPS1 sur la base de ces éléments et de vous prononcer sur la nécessité d'autres modifications de conception ou d'exploitation.

EDF s'est engagée à quantifier la fréquence de l'initiateur de dilution hétérogène par formation d'un bouchon d'eau claire en provenance du circuit REA dans l'état API, afin d'évaluer le besoin d'une disposition complémentaire vis-à-vis du risque de dilution hétérogène. Cet engagement est satisfaisant. Cependant, l'ASN note que l'engagement d'EDF ne couvre pas l'état APR, pour lequel l'ASN vous a demandé la disponibilité de la protection anti-dilution dans les spécifications techniques d'exploitation des règles générales d'exploitation, par courrier en référence [12].

Demande A.7 : Je vous demande, sous un an, de quantifier la fréquence de formation d'un bouchon d'eau claire en provenance du REA dans l'état APR. Le cas échéant, vous vous prononcerez sur la nécessité de retenir une disposition complémentaire vis-à-vis de la protection anti-dilution dans cet état.

C. EPS1 « inondation interne »

EDF n'étudie pas l'inondation interne résultant d'une rupture d'une tuyauterie ARE (circuit d'alimentation normale des générateurs de vapeur) ou VPU (circuit vapeur et purges) au niveau du bâtiment électrique et des auxiliaires de sauvegarde des réacteurs de 1450 MWe, alors qu'une telle situation ne peut être exclue. Une première estimation de la fréquence de rupture de ces tuyauteries a été réalisée par l'IRSN et conclut à une fréquence de l'ordre de 10^{-4} par an et par réacteur.

Une inondation à ce niveau est susceptible de se propager au niveau inférieur, à la suite de l'effacement des traversées verticales, qui sont dimensionnées pour résister à une hauteur d'eau de 15 cm. Or, le niveau inférieur regroupe des équipements assurant de façon redondante des fonctions de sûreté importantes.

Au regard des enjeux de sûreté associés à la rupture de ces tuyauteries, je considère qu'EDF doit réaliser une étude déterministe détaillée du risque induit par leur rupture ainsi qu'une évaluation probabiliste de la fréquence de fusion du cœur pour cette situation d'inondation interne.

Demande A.8 : Je vous demande d'étudier, sous un an :

- **les conséquences d'une inondation interne postulée de manière déterministe résultant de la rupture d'une tuyauterie du système ARE (circuit d'alimentation normale des générateurs de**

vapeur) ou VPU (circuit vapeur et purges) au niveau du bâtiment électrique et des auxiliaires de sauvegarde des réacteurs de 1450 MWe, en considérant le scénario maximisant le débit de l'inondation³ ;

- l'évaluation probabiliste de la fréquence de fusion du cœur pour cette situation d'inondation interne.

Ces analyses tiendront compte de l'état réel des installations (prise en compte des murets et acrotères de la toiture du bâtiment, des zones de rétention, des casemates...).

A l'issue de ces analyses, EDF devra vérifier si un examen de niveau 2 (évaluation de l'impact de l'inondation sur les moyens de mitigation des conséquences d'un accident de fusion du cœur) est nécessaire, et le mener le cas échéant.

D. EPS1 relative au risque d'incendie

L'EPS1 relative au risque d'incendie développée par EDF conduit à une fréquence de fusion du cœur de $1,7 \cdot 10^{-5}$ par réacteur et par an, ce qui fait de l'incendie le contributeur le plus important au risque de fusion du cœur. Le bâtiment électrique est celui pour lequel la fréquence de fusion du cœur est la plus élevée en cas de départ de feu, avec une contribution de 89%. EDF s'est engagée à étudier des modifications permettant de réduire le risque de fusion du cœur induit par un incendie et conduisant à l'ouverture intempestive d'une soupape du pressuriseur, cet événement initiateur étant prépondérant et représentant une contribution de 44% à la fréquence de fusion du cœur à la suite d'un incendie.

L'ASN note toutefois qu'EDF ne prévoit pas de tirer tous les enseignements des EPS relatives au risque d'incendie. En particulier, l'ASN note que d'autres événements initiateurs et volumes de feu ont une contribution importante au risque de fusion du cœur.

Demande A.9 : Je vous demande, sous un an, de tirer les enseignements des EPS relatives au risque d'incendie réalisées et de proposer des modifications matérielles ou de conduite visant à réduire ce risque.

³ Le scénario maximisant le débit de l'inondation est celui où l'arrêt automatique du réacteur n'entraîne pas l'isolement complet du circuit d'alimentation normale des générateurs de vapeur (absence de déclenchement de la turbine par l'arrêt automatique du réacteur).

Demandes de l'ASN pour les prochains réexamens périodiques

Afin de pouvoir instruire vos études probabilistes de sûreté, l'ASN et l'IRSN doivent avoir accès aux modèles utilisés. Quand la transmission des fichiers n'est pas une solution adaptée, je vous demande de mettre à la disposition de l'ASN et de l'IRSN vos modèles d'EPS dans une de vos implantations d'Île-de-France.

*

Les demandes suivantes sont formulées pour les prochains réexamens périodiques, à savoir :

- les quatrièmes réexamens périodiques des réacteurs 1300 MWe ;
- les troisièmes réexamens périodiques des réacteurs de 1450 MWe.

En ce qui concerne les réacteurs de 900 MWe, l'instruction en cours du quatrième réexamen périodique intègre déjà les problématiques mentionnées ci-après.

A. Temps de scrutation des séquences accidentelles

De manière générale, je note que le temps de scrutation des séquences accidentelles dans les EPS se limite à 24 heures. Or certains scénarios accidentels sont susceptibles de conduire à la fusion du cœur de manière inéluctable au-delà d'une durée de 24 heures. L'ASN considère ainsi que les études EPS actuelles ne permettent pas d'évaluer l'enjeu de sûreté associé à ces séquences particulières et qu'il s'agit d'une limite importante de ces EPS. Je considère que ces séquences devront être prises en compte pour les prochains réexamens périodiques.

Demande B.1 : Je vous demande de modéliser les séquences accidentelles menant à la fusion du cœur de manière inéluctable au-delà de 24 heures. Vous évalueriez l'impact de ces séquences en termes de rejet, et vous vous prononcerez sur la nécessité de mettre en œuvre des modifications de conception ou d'exploitation.

B. Risques liés à la production d'hydrogène

Les performances des recombineurs telles qu'évaluées par EDF tiennent compte de la température et de la pression. En revanche, l'impact d'un déficit en oxygène sur les recombineurs d'hydrogène, notamment en phase tardive des accidents, n'a pas été étudié par EDF.

Demande B.2 : Je vous demande d'évaluer l'impact d'un déficit en oxygène sur les performances des recombineurs d'hydrogène lors de la phase tardive des accidents. Le cas échéant, vous mettrez à jour vos calculs des concentrations d'hydrogène, et vous vous prononcerez sur la nécessité de mettre en place des modifications de conception ou d'exploitation.

C. Situations de fusion en pression

Vis-à-vis du risque de rupture de tube de générateur de vapeur (RTGV) induite en cas de fusion du cœur, je note que certaines des hypothèses retenues par EDF ne sont pas conservatives :

- EDF ne tient pas compte des défauts préexistants dans les tubes de générateurs de vapeur (GV). Ce point n'appelle pas de commentaire de l'ASN dans le cadre du deuxième réexamen périodique des réacteurs de 1450 MWe, compte tenu du fait que les GV de ces réacteurs sont relativement récents. Je considère toutefois qu'EDF devra revoir cette hypothèse pour les prochains réexamens périodiques compte-tenu des défauts susceptibles d'apparaître sur les tubes des générateurs de vapeur ;
- EDF ne tient pas compte des situations dans lesquelles l'opérateur dépressurise volontairement les GV, alors qu'EDF considère comme certaine une RTGV induite si au moins un GV est dépressurisé involontairement (brèche sur le circuit secondaire, blocage de soupapes des GV).

Ces hypothèses devront être revues lors des prochains réexamens périodiques pour améliorer l'évaluation du risque associé aux situations de fusion en pression conduisant à une rupture du circuit primaire.

Demande B.3 : Je vous demande de tenir compte de l'ensemble des paramètres susceptibles d'impacter la fréquence des RTGV induites en cas de fusion en pression (présence de défauts dans les tubes de générateur de vapeur, GV dépressurisés volontairement), pour évaluer les fréquences des rejets associés.

D. Scénarios de fusion en piscine BK

EDF considère seulement des rejets par la voie aérienne pour les scénarios menant à la fusion du combustible en piscine BK à la suite d'une perte de refroidissement ou d'une vidange. Vis-à-vis du risque de percement du radier, EDF considère que la surface des locaux situés sous la piscine est suffisante pour étaler et stabiliser le corium. Par ailleurs, les justifications d'EDF s'appuient sur des hypothèses non conservatives. Ainsi, EDF ne tient pas compte de l'état dit « réacteur complètement déchargé » (RCD), pour lequel la puissance résiduelle est maximale.

De plus, les études d'EDF relatives aux scénarios de fusion de combustible en piscine BK n'étudient pas l'ensemble des risques susceptibles de conduire à des rejets, notamment :

- le risque de déversement du corium en dehors du BK via le percement des parois des différents locaux où peut être relocalisé le corium ;
- le risque de combustion d'hydrogène dans le hall BK ;
- le transfert des produits de fission.

Demande B.4 : Je vous demande de développer des études EPS2 pour les piscines d'entreposage du combustible, en tenant compte de l'ensemble des risques associés. Les études de progression des situations accidentelles devront tenir compte de l'ensemble des scénarios plausibles.

E. Cumuls de défaillance du confinement

Dans le cadre du deuxième réexamen périodique des réacteurs de 1450 MWe, et à la suite de la demande D.18 du courrier de l'ASN en référence [3], EDF a étudié les situations de cumul de pertes de confinement pour évaluer les rejets. Je note qu'EDF ne retient qu'un seul cumul de défaillance du confinement : la percée du radier après la perte du confinement par la voie aérienne. Or d'autres cumuls sont susceptibles de se produire, dont la prise en compte peut permettre d'identifier de nouveaux scénarios contribuant à des rejets plus importants, par exemple des scénarios comportant une défaillance du confinement par RTGV induite, déflagrations lente ou rapide liées à l'hydrogène, etc. Ces cumuls sont ainsi susceptibles d'aggraver les conséquences d'un accident.

La prise en compte des cumuls est susceptible de conduire à des rejets, notamment aériens, plus importants que ceux initialement retenus. Ils devront en conséquence être pris en compte pour les prochains réexamens périodiques.

Demande B.5 : Pour évaluer les risques de rejets radioactifs, je vous demande de tenir compte de l'ensemble des situations de perte du confinement susceptibles d'intervenir au cours de la progression des accidents.

Références

- [1] Lettre de l'ASN référencée CODEP-DCN-2015-000461 du 23 février 2015
- [2] Lettre de l'ASN référencée CODEP-DCN-2013-005093 du 4 mars 2013
- [3] Lettre de l'ASN référencée CODEP-DCN-2013-038780 du 25 novembre 2013
- [4] Avis du groupe permanent d'experts pour les réacteurs nucléaires référencé CODEP-MEA-2018-008781 du 13 février 2018
- [5] Lettre d'EDF référencée D455618025669 du 18/04/2018
- [6] Lettre de l'ASN référencée CODEP-DCN-2017-022556 du 26 juin 2017
- [7] Lettre d'EDF référencée D455617206521 du 30 mai 2017
- [8] Règle fondamentale de sûreté (RFS) n° 2002-01 du 26 décembre 2002 relative à l'utilisation des études probabilistes pour la sûreté des installations nucléaires de base
- [9] Lettre d'EDF référencée D305916016514 du 19 octobre 2016
- [10] Règle fondamentale de sûreté (RFS) I.2.a du 5 août 1980 relative à la prise en compte des risques liés aux chutes d'avions
- [11] Lettre de l'ASN référencée CODEP-DCN-2015-000258 du 6 janvier 2015
- [12] Lettre de l'ASN référencée CODEP-DCN-2016-003061 du 21 juin 2016