

Fontenay-aux-Roses, le 13 juillet 2018

Monsieur le Président de l'Autorité de sûreté nucléaire

Avis IRSN/2018-00197

Objet : Réacteur EPR de Flamanville
Méthodologie de qualification des équipements aux conditions d'accident grave

Réf. 1. Lettre ASN CODEP-DCN-2016-016937 du 25 avril 2016
2. Lettre ASN CODEP-DCN-2015-003739 du 19 février 2015
3. Lettre ASN CODEP-DCN-2016-021847 du 13 juillet 2016

Dans le cadre de l'instruction de la demande d'autorisation de mise en service du réacteur EPR de Flamanville (EPR FA3), déposée par Électricité de France (EDF) en mars 2015, l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) a sollicité, par lettre citée en première référence, l'avis de l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN) sur la méthodologie retenue par EDF pour la qualification des équipements aux conditions d'accident grave (AG).

La qualification d'un équipement est la démonstration de l'aptitude de cet équipement à assurer ses fonctions, pendant une certaine durée de mission, dans les conditions (température, pression, humidité, irradiation...) auxquelles il est susceptible d'être soumis. Dans le cas de la qualification aux conditions d'accident grave de l'EPR FA3, il s'agit des conditions qui peuvent être rencontrées lors d'un accident avec fusion du cœur. Les équipements concernés par cette qualification sont les équipements assurant des fonctions importantes pour la gestion de l'accident grave et la limitation des rejets radioactifs, situés dans différents bâtiments de l'installation. En effet, lors d'un accident grave, les conditions d'ambiance sont susceptibles d'être dégradées non seulement dans le bâtiment du réacteur (BR), mais également dans les bâtiments des auxiliaires de sauvegarde (BAS), le bâtiment combustible (BK), les casemates du circuit de vapeur principal (VVP) et celles du circuit d'alimentation normale des générateurs de vapeur (ARE).

L'IRSN a examiné l'ensemble de la méthodologie de qualification des équipements aux conditions d'AG de l'EPR FA3 : les profils de qualification en pression et température, les hypothèses pour le calcul des doses intégrées et la liste des équipements concernés, leurs exigences fonctionnelles et leurs durées de mission.

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

Profils de qualification AG en pression et température

Pour les BAS, les casemates VVP et ARE, EDF considère que les conditions en pression et en température ne sont pas dégradées de manière sensible en cas d'AG survenant dans le BR, ce dont l'IRSN convient. Pour le BK, EDF tient compte d'une ébullition de l'eau de la piscine pendant une durée de cent heures pour la qualification des équipements situés dans le BK et utilisés lors d'un AG survenant dans le BR, ce que l'IRSN estime satisfaisant.

S'agissant des conditions de pression, température et humidité dans le BR, les principales remarques de l'IRSN concernent :

- la définition des taux d'humidité associés aux profils de pression et de température ;
- le caractère « enveloppe » des profils de pression et de température ;
- l'application de la loi d'Arrhenius pour justifier la durée des essais de qualification sur des durées plus courtes que les durées de mission des équipements, qui peuvent être de plus d'un an dans le cas des AG ;
- le profil de pression et de température spécifique des vannes de dépressurisation du circuit primaire (ou « vannes AG »).

EDF ne définit pas, dans le rapport de sûreté de l'EPR FA3, de taux d'humidité minimum pour la qualification aux conditions d'AG dans le BR. Or, le taux d'humidité peut avoir une influence sur le comportement des équipements en AG. Ceci fait l'objet de l'observation en annexe 2.

EDF a défini deux profils (P,T) de qualification AG dans le BR, l'un utilisé pour les équipements participant à l'étanchéité du confinement et l'autre utilisé pour les équipements n'y participant pas. Ces profils sont définis à partir de l'étude d'un scénario d'accident de perte de réfrigérant primaire suite à une grosse brèche de l'ordre de 12 pouces. Lors de son analyse, l'IRSN a mis en évidence des dépassements des profils de température retenus par EDF, dans certaines zones du BR et sur des durées limitées. Compte tenu des divers phénomènes pouvant intervenir en situations d'accident grave et des incertitudes associées, il apparaît difficile de définir des profils de qualification enveloppes de toutes les situations envisageables. Toutefois, EDF a apporté des justifications pour les équipements concernés par ces dépassements, jugées satisfaisantes par l'IRSN. Ces dépassements ne sont en effet pas de nature à remettre en cause la qualification des équipements utilisés en situations d'accident grave, en l'état des connaissances relatives à la phénoménologie et à la modélisation de ces accidents.

Pour justifier qu'une durée de qualification de 15 jours à des températures plus élevées que celles rencontrées en accident permet de représenter une durée de mission des équipements de plus d'un an en conditions d'AG, EDF s'appuie, pour définir les températures d'essai, au-delà des 24 premières heures après l'entrée en AG, sur une loi de type Arrhenius. L'IRSN souligne que l'applicabilité d'une telle loi est à vérifier au cas par cas lorsqu'un équipement à qualifier aux conditions d'AG comporte des matériaux thermosensibles tels que des polymères, au moyen d'une analyse des propriétés intrinsèques (physiques et chimiques) de ces matériaux. Le rappel de cette précaution d'emploi ne remet toutefois pas en cause les profils de qualification AG en température retenus par EDF mais nécessite d'être justifiée dans les notes de synthèse de qualification des équipements.

Pour le cas des vannes AG de dépressurisation du circuit primaire, EDF a retenu un profil (P,T) de qualification AG spécifique tenant compte des conditions de fonctionnement de ces vannes, moins pénalisant que celui défini pour les équipements « ne participant pas à l'étanchéité du confinement ». Ces vannes doivent s'ouvrir pour éviter une rupture de la cuve à haute pression en cas de petites brèches sur le circuit primaire. Le profil (P,T) spécifique est donc basé sur l'étude de scénarios accidentels de petites brèches, de l'ordre de 2 pouces. Cependant, lors de son analyse, l'IRSN a mis en évidence le fait qu'EDF n'a pas considéré de scénarios de petite brèche localisée sur un piquage du pressuriseur qui conduisent pourtant à une température dans le local du pressuriseur, avant ouverture d'une vanne AG, toujours supérieure à celle du profil spécifique retenu par EDF. De plus, l'IRSN a souligné qu'EDF n'avait pas pris en compte l'ignition des gaz combustibles par les recombineurs autocatalytiques passifs, phénomène susceptible d'accroître la sévérité des conditions d'ambiance subies par ces vannes. En réponse, EDF s'est engagé à produire des éléments complémentaires de justification de la qualification de l'opérabilité des vannes AG pour les scénarios de petite brèche localisée sur un piquage du pressuriseur et, pour les autres scénarios, EDF s'est engagé à apporter des éléments supplémentaires de justification de l'opérabilité de ces vannes en cas de combustion éventuelle d'hydrogène, **ce qui est satisfaisant.**

Doses intégrées par les équipements en situations d'accident grave

EDF a estimé les valeurs enveloppes des doses intégrées par les équipements en situations d'AG dans le BR, les BAS et le BK en appliquant la méthodologie de calcul des doses intégrées par les équipements en situations accidentelles, instruite dans le cadre du réexamen de sûreté associé aux troisièmes visites décennales du palier 1300 MWe (VD3 1300), et en utilisant un certain nombre d'hypothèses propres à l'EPR FA3 instruites dans le cadre du présent avis. La méthodologie d'EDF se décline en trois étapes de calculs :

- une étape dite de « bilan matière » consistant à déterminer l'activité des différents radionucléides présents dans le cœur du réacteur et dont l'inventaire est estimé à l'instant de l'arrêt automatique du réacteur ;
- une deuxième étape dite de « transport matière » consistant à estimer la migration des radionucléides depuis le cœur vers l'enceinte du BR, les BAS et le BK, où ces radionucléides constitueront des sources radioactives volumiques et surfaciques ;
- une troisième étape dite de « transport rayonnement » consistant à estimer l'énergie émise par ces sources et reçue par les parties radiosensibles de l'équipement considéré.

A l'issue de l'analyse, seules les hypothèses associées à la deuxième étape font l'objet de remarques de la part de l'IRSN. En effet, EDF considère un taux de relâchement de l'iode sous forme gazeuse depuis le circuit primaire dans l'enceinte de confinement égal à 5%. Or, lors de l'analyse de la méthodologie dans le cadre des VD3 1300, l'IRSN avait recommandé qu'EDF examine l'impact des doses générées par un taux de relâchement d'iode sous forme gazeuse depuis le circuit primaire supérieur à 5%, sur la tenue des peintures ou des revêtements du bâtiment réacteur et des équipements présentant des cavités non étanches. Cette recommandation, reprise par l'ASN dans sa lettre citée en deuxième référence, s'appuyait sur des résultats expérimentaux montrant que cette valeur de 5% pouvait être dépassée. **L'IRSN estime que cette demande de l'ASN est applicable à l'EPR FA3.**

De plus, l'IRSN estime que les hypothèses de contamination des locaux des BAS en cas de fuite du système EVU (système d'évacuation ultime de chaleur du bâtiment réacteur) retenues par EDF ne sont pas satisfaisantes. En effet, EDF considère l'occurrence de cette fuite, au plus tôt, 15 jours après le début de la mise en service de l'EVU. Suite à l'examen des conséquences radiologiques des accidents de fusion de cœur, l'ASN avait jugé insuffisante, dans sa lettre citée en troisième référence, la démonstration d'EDF d'une absence totale de fuite sur les deux files du circuit EVU durant les quinze premiers jours de sa mise en service à la suite d'un accident grave. C'est pourquoi, l'IRSN considère que le cas où cette fuite survient dès le début de l'utilisation de ce système en AG doit être pris en compte pour l'évaluation des doses intégrées par les équipements situés dans les locaux des BAS. **Ceci fait l'objet de la recommandation n° 1 en annexe 1.**

Liste et exigences des équipements requis en situations d'accident grave

L'IRSN estime satisfaisante la démarche mise en œuvre par EDF pour établir la liste des équipements à qualifier en situations d'AG. L'IRSN a ensuite analysé d'une part la liste des *matériels* requis en AG et les exigences associées, d'autre part la liste des *instrumentations nécessaires et utiles* en AG et les exigences associées.

L'IRSN estime satisfaisante la liste des *matériels* requis en AG ainsi que les exigences fonctionnelles, les durées de mission et les conditions d'ambiance qui leur sont attribuées.

Les points principaux issus de son analyse concernent l'instrumentation. EDF classe l'instrumentation, pouvant être utilisée pour la conduite d'un AG, en deux catégories : la catégorie A regroupe l'instrumentation dite *nécessaire* et la catégorie B, l'instrumentation dite *utile*.

L'IRSN note que l'instrumentation nécessaire en situations d'AG est qualifiée aux conditions d'AG, ce qui est satisfaisant. En revanche, l'IRSN est en désaccord avec EDF sur les requis des instrumentations *utiles* en AG ou de catégorie B. L'IRSN estime en effet que ces instrumentations, même si elles ne sont pas « nécessaires » au sens de la définition de la catégorie A, doivent pouvoir être utilisées avec confiance par les équipes de crise, que ce soit dans le cadre de la surveillance de l'état du réacteur, ou de l'application de « stratégies de conduite alternatives¹ », ou de l'information des pouvoirs publics afin d'évaluer les conséquences radiologiques et les actions de protection des populations éventuellement nécessaires. Or, EDF indique que ces instrumentations n'ont pas à être qualifiées aux conditions d'AG si elles vérifient l'une des trois conditions suivantes :

- l'information, si elle est erronée, ne conduit pas à des actions de nature à sortir du « chemin de mitigation » défini dans les OSSA ;
- l'information est issue d'une instrumentation qualifiée dans des conditions d'ambiance couvrant celles vues par l'instrumentation lors d'un AG ;
- l'information est redondée ou sa validité peut être vérifiée par une autre information représentative du phénomène scruté.

¹ Lorsque dans la gestion de l'AG, les systèmes fonctionnent de la manière prévue à la conception, la séquence accidentelle suit le « chemin de mitigation ». Si ce n'est pas le cas, des « stratégies de conduite alternatives » sont proposées aux opérateurs afin de rejoindre le « chemin de mitigation ».

L'IRSN estime, contrairement à EDF, que la redondance d'une instrumentation de catégorie B non qualifiée aux conditions d'AG par une instrumentation également non qualifiée aux conditions d'AG n'apporte pas de garantie sur la validité de l'information. Il en va de même pour l'utilisation d'une autre information représentative du phénomène scruté mais également non qualifiée aux conditions d'AG. De plus, la première condition suppose que, lorsque les informations issues de l'instrumentation *utile* sont utilisées, l'accident est sur le chemin de mitigation. Or, ces informations doivent également pouvoir être utilisées en cas de sortie du chemin de mitigation pour y revenir ou pour ne pas aggraver la situation. Il convient de vérifier que l'utilisation d'une valeur erronée transmise par ces instrumentations ne pourra ni conduire à des actions de conduite de l'AG inappropriées, ni induire en erreur les équipes de crise ou les pouvoirs publics dans leur appréciation de la situation. **Des compléments ont été récemment apportés par EDF à ce sujet.**

La mesure de température en sortie du cœur, permettant de détecter l'entrée en AG à l'atteinte d'une température de 650°C, est classée en catégorie A par EDF. Elle est qualifiée aux conditions accidentelles rencontrées avant l'entrée en AG mais aucune durée de mission en AG ne lui est associée. L'IRSN estime acceptable l'absence de durée de mission en AG sous réserve que l'alarme apparaissant en salle de commande suite à l'atteinte du seuil de 650°C soit maintenue tant qu'elle n'est pas acquittée par un opérateur, ce à quoi EDF s'est engagé.

Par ailleurs, l'instrumentation de détection de l'encrassement des préfiltres AG des systèmes EDE (système de mise en dépression de l'espace entre enceintes), DWL (ventilation du bâtiment des auxiliaires de sauvegarde et du bâtiment électrique) et EBA (système de balayage du BR) petit débit n'est pas classée en catégorie A par EDF. Or, en cas d'encrassement de ces préfiltres en situations d'AG, il est nécessaire de les contourner pour les systèmes DWL et EBA petit débit, ou de changer de ligne de filtration pour l'EDE, au risque de perdre les capacités de ventilation et de filtration des circuits concernés. Pour initier ces actions, un moyen de détection fiable de l'encrassement s'avère nécessaire. Sur ce point, EDF estime le dimensionnement des préfiltres suffisant pour écarter le risque de colmatage. **L'IRSN considère que cette affirmation doit être justifiée pour confirmer qu'il n'est pas nécessaire de disposer d'un moyen qualifié de détection de cet encrassement. Ceci fait l'objet de la recommandation n°2 en annexe 1.**

A l'issue de son analyse, l'IRSN n'a pas d'autre remarque concernant la liste des instrumentations de catégorie A, à qualifier aux conditions d'AG, leurs exigences fonctionnelles et durées de mission associées. Les conditions d'ambiance de certaines instrumentations de catégorie A feront l'objet d'une instruction ultérieure.

L'instrumentation de position des vannes AG de dépressurisation du circuit primaire est classée en catégorie B et EDF indique qu'il prévoit de la qualifier aux conditions d'AG, mais sans avoir suffisamment précisé les conditions prévues pour cette qualification. **L'IRSN estime que les conditions de qualification AG de l'instrumentation de position des vannes AG doivent être équivalentes à celles des vannes AG. Ceci fait l'objet de la recommandation n°3 en annexe 1.**

L'instrumentation de détection de fermeture des vannes d'isolement de l'enceinte est classée en catégorie B et EDF a indiqué qu'il ne prévoit pas de la qualifier aux conditions d'AG. **L'IRSN estime que la confirmation de l'isolement de l'enceinte au moment de l'entrée en accident grave doit constituer une information fiable, en particulier**

pour les vannes d'isolement des traversées de l'enceinte qui sont ouvertes avant l'entrée en AG. Ceci fait l'objet de la recommandation n° 4 en annexe 1.

Enfin, l'IRSN a constaté que des informations ne relevant d'aucune catégorie vue précédemment et ne faisant l'objet d'aucune exigence de qualification spécifique au titre des accidents graves, apparaissent au pupitre AG en salle de commande. L'IRSN estime qu'EDF devra vérifier que la transmission en salle de commande de telles informations n'est pas de nature à perturber la gestion post-accidentelle. Ceci fait l'objet de la recommandation n° 5 en annexe 1.

Conclusion

A l'issue de son analyse technique, compte tenu des engagements pris par EDF et sous réserve de la prise en compte des recommandations formulées en annexe, l'IRSN considère que la méthodologie EDF de qualification des équipements de l'EPR de Flamanville aux conditions d'accident grave apparaît satisfaisante. Des compléments restent toutefois attendus concernant l'instrumentation de catégorie B, non qualifiée aux conditions d'accident grave mais leur examen ne constitue pas un préalable à l'autorisation de mise en service de l'installation.

Pour le directeur général, par délégation

Thierry PAYEN

Adjoint à la Directrice des systèmes, des nouveaux réacteurs
et des démarches de sûreté

Annexe 1 l'Avis IRSN/2018-00197 du 13 juillet 2018

Recommandations

Recommandation n° 1

L'IRSN recommande qu'EDF, au plus tard à échéance de la mise en service, réévalue les doses retenues pour la qualification aux conditions d'AG des équipements situés dans les locaux des BAS susceptibles d'héberger une fuite du système EVU en tenant compte de son apparition dès le début de l'utilisation de l'EVU en situations d'accident grave et d'un taux de relâchement des aérosols enveloppe, cohérent avec la température du fluide circulant dans l'EVU et vérifie que la qualification desdits équipements n'est pas remise en cause.

Recommandation n° 2

L'IRSN recommande qu'EDF, au plus tard à échéance de la mise en service, démontre que le dimensionnement des préfiltres « accident grave » des systèmes EDE, DWL et EBA petit débit est suffisant pour écarter le risque de colmatage pendant toute la durée de l'accident, en tenant compte des rejets différés d'aérosols dans l'atmosphère du BR qui peuvent se produire en AG y compris à long terme.

Recommandation n° 3

L'IRSN recommande qu'EDF justifie, au plus tard à échéance du dossier de fin de démarrage, la qualification de l'instrumentation de position des vannes de dépressurisation du circuit primaire aux conditions d'accident grave pour les scénarios d'AG requérant l'ouverture de ces vannes, y compris ceux de petite brèche sur un piquage du pressuriseur, en tenant compte de l'ignition des gaz combustibles par les recombineurs.

Recommandation n° 4

L'IRSN recommande qu'EDF, au plus tard à échéance du dossier de fin de démarrage, retienne une exigence de qualification aux conditions d'ambiance résultant d'un accident grave dans le bâtiment du réacteur avec une durée de mission de 2 heures pour la détection de la fermeture des vannes d'isolement :

- des traversées ré-ouvertes en conduite post-accidentelle ;
- des traversées qui ne reçoivent que l'ordre d'isolement enceinte phase 2 ;
- des traversées des systèmes de sauvegarde RIS et ASG, des systèmes ARE et VVP, du système RRI sur les barrières thermiques des GMPP, qui ne reçoivent pas d'ordre d'isolement enceinte.

EDF devra apporter la démonstration de cette qualification à la même échéance.

Recommandation n° 5

L'IRSN recommande qu'EDF justifie que les informations figurant au pupitre AG en salle de commande sont issues d'instrumentations au moins qualifiées dans des conditions d'ambiance couvrant celles vues par l'instrumentation lors d'un AG. Dans le cas contraire, EDF devra justifier que l'utilisation d'une valeur erronée :

- ne conduit pas à des actions de conduite de l'AG « inappropriées », c'est-à-dire de nature à sortir du chemin de mitigation ou à aggraver la situation sur le chemin de mitigation et en cas de sortie du chemin de mitigation ;
- n'induit en erreur ni les équipes de crise ni les pouvoirs publics dans l'évaluation de l'état de l'environnement et la mise en œuvre des actions de protection des populations.

En tout état de cause, EDF devra fournir la liste des informations relayées au pupitre AG en salle de commande, au plus tard à échéance du dossier de fin de démarrage.

Annexe 2 à l'Avis IRSN/2018-00197 du 13 juillet 2018

Observation

L'IRSN considère que, à échéance du dossier de fin de démarrage, EDF devrait préciser dans le chapitre 3.7.1 du rapport de sûreté les taux d'humidité associés aux profils de pression et température requis pour la qualification des équipements aux conditions d'accident grave.