

Fontenay-aux-Roses, le 25 avril 2013

Monsieur le Président de l'Autorité de sûreté nucléaire

Avis IRSN n° 2013-00158

Objet : Réacteurs électronucléaires - EDF
Instruction des études associées au réexamen de sûreté des réacteurs de 1300 MWe associé à leur troisième visite décennale (VD3-1300)
Suffisance des études de sûreté et des modifications relatives au thème REF 03 « Risques de surpression à froid du CPP »

Réf. : Saisine CODEP-DCN-2012-051693 du 23 novembre 2012

Dans le cadre du réexamen de sûreté associé aux troisièmes visites décennales des réacteurs de 1300 MWe (VD3-1300), l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) a souhaité par sa lettre en référence recueillir l'avis de l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN) sur :

- la pertinence et la suffisance des études menées par Electricité de France (EDF) concernant le thème « Risques de surpression à froid du Circuit Primaire Principal (CPP) » du réexamen de sûreté VD3-1300 ;
- la suffisance des modifications envisagées par EDF dans le cadre de ce thème de réexamen.

Problématique « surpression à froid »

Le risque de surpression à froid est un risque de pressurisation du circuit primaire jusqu'à sa pression de conception lorsque la cuve du réacteur est initialement, ou devient au cours du transitoire, inférieure, à sa température de transition ductile/fragile de la cuve (RT_{NDT}).

Dans les états du réacteur où le circuit de Refroidissement à l'Arrêt (RRA) n'est pas connecté au circuit primaire, l'occurrence d'une surpression à froid nécessite, lors des transitoires incidentels/accidentels, que les deux critères de découplage suivants soient réunis :

- la température du métal de base de la cuve est inférieure à sa RT_{NDT} fin de vie (60 ans) avec prise en compte d'une marge de 10 % (EDF considère de manière enveloppe une température inférieure à 90°C) ;
- la pression primaire est supérieure à 100 bar.

Pour obtenir une température inférieure à 90°C au niveau du métal, EDF précise qu'il est nécessaire de minimiser la température du mélange de l'injection de sécurité avec le fluide primaire, en considérant une absence de circulation forcée dans le circuit primaire.

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 B 440 546 018

Dans les états du réacteur où le circuit RRA est connecté, le circuit primaire est protégé des surpressions par les soupapes de ce circuit. Cependant, en présence d'une fuite sur le circuit RRA, les actions de conduite menées pour localiser la fuite peuvent conduire à perdre cette protection, soit parce que le lignage d'un exutoire demandé par les consignes de conduite n'est pas réalisé, soit parce que le circuit RRA est isolé d'une manière intempestive.

Risques de surpression à froid dans les états du réacteur où le circuit RRA n'est pas connecté au circuit primaire

Dans son étude des risques de surpression à froid dans les états du réacteur où le circuit RRA n'est pas connecté au CPP, EDF a retenu les scénarios accidentels suivants pour son analyse :

- la mise en service intempestive de la fonction de borication automatique (FBA) cumulée à l'arrêt des Groupes MotoPompes Primaires (GMPP) ;
- une brèche sur le circuit secondaire cumulée à l'arrêt des GMPP ;
- l'ouverture de la ligne de décharge du pressuriseur avec une refermeture retardée des soupapes du pressuriseur ;
- la rupture de parties isolables du circuit primaire ;
- le passage en « gavé-ouvert » avec fermeture retardée des soupapes du pressuriseur.

Le risque de surpression à froid tenant compte de l'ensemble de ces scénarios a été estimé par EDF à $2,6 \cdot 10^{-8}$ /année.réacteur. Ce risque est essentiellement porté par les situations de brèche sur le circuit secondaire (90 %).

L'IRSN n'a pas de remarque sur l'analyse et la quantification réalisées par EDF pour les scénarios de surpression à froid induites par des brèches sur le circuit secondaire ou par des ruptures des parties isolables du circuit primaire. Il considère que les résultats obtenus sont suffisamment faibles et robustes. Pour les autres scénarios de surpression à froid dans les états du réacteur où le RRA n'est pas connecté, l'IRSN formule les remarques suivantes.

La quantification proposée par EDF des scénarios accidentels de type « mise en service intempestive de la FBA avec perte de la circulation forcée » considère que la mise en service intempestive de la FBA est indépendante de la perte de l'alimentation électrique des pompes primaires. Or, l'IRSN a observé que les démarrages intempestifs de la FBA peuvent être la conséquence de la perte des alimentations électriques externes. L'IRSN considère qu'il existe une relation de cause à effet entre la perte des alimentations électriques externes conduisant à l'arrêt des GMPP et le démarrage de la FBA. Cette relation est de nature à augmenter significativement le risque de surpression à froid suite à un démarrage de la FBA consécutif à la perte des alimentations électriques externes, qui ne peut donc pas être considéré comme « pratiquement exclu ».

L'IRSN a également relevé un risque de démarrage intempestif de la FBA lors de la réalisation de l'essai périodique « Contrôle de la décroissance du débit primaire » programmé tous les deux cycles (essai consistant à arrêter les GMPP par ouverture du disjoncteur de la ligne principale afin de mesurer la décroissance du débit dans la cuve). Compte tenu du retour d'expérience et notamment de l'incident survenu à Nogent 1 le 4 mai 2008, l'IRSN estime que le risque de surpression à froid induit par un démarrage intempestif de la FBA lors de l'essai périodique « Contrôle de la décroissance du débit primaire » ne peut pas être considéré comme « pratiquement exclu ».

Pour les scénarios de type « ouverture de la ligne de décharge du pressuriseur », EDF considère que la perte des alimentations électriques des pompes primaires et l'ouverture intempestive ou inopportune d'une soupape du pressuriseur sont indépendantes. Or, l'IRSN rappelle qu'EDF, dans son EPS 1300 MWe valorisée lors de la VD3-1300, considère qu'une perte des alimentations électriques externes conduit systématiquement à solliciter les soupapes du pressuriseur et à l'arrêt des pompes primaires. Cette séquence, qui peut conduire une sollicitation de l'injection de sécurité et à une surpression à froid, n'a pas fait l'objet d'une quantification probabiliste de la part d'EDF.

L'IRSN rappelle également qu'une modification sur les tranches du palier 1300 MWe est en cours de réalisation pour forcer l'arrêt des pompes primaires en situation de brèche primaire. Lors de l'instruction technique, EDF a indiqué que l'arrêt automatique des GMPP est prévu pour être activé pour les brèches primaires de taille supérieure ou égale à 2 pouces. Selon EDF, il n'est pas sollicité dans le cas de l'ouverture intempestive d'une soupape pressuriseur qui équivaut à une brèche de diamètre équivalent 1,8 pouces. L'IRSN précise qu'EDF n'a pas apporté la démonstration que l'arrêt automatique des pompes primaires était évité en cas d'ouverture d'une soupape du pressuriseur. En considérant de façon certaine l'arrêt des GMPP en cas d'ouverture intempestive d'une soupape pressuriseur, le risque de surpression à froid de ce scénario augmenterait d'une manière significative.

A l'issue de l'instruction technique, EDF a annoncé que, pour les états du réacteur où le circuit RRA n'est pas connecté au circuit primaire, l'étude sera mise à jour, afin de différencier les scénarios de « choc froid sur la cuve » des scénarios de surpression à froid et que les transitoires de type refroidissement lent à pression constante induits par un démarrage intempestif de la FBA ou par l'ouverture d'une soupape du pressuriseur seront étudiés au titre du dossier de « tenue en service des cuves ». **L'IRSN considère que cette mise à jour de l'étude des scénarios conduisant à des chocs froids ou des surpressions à froid est effectivement nécessaire et émet la recommandation n° 1 en annexe.**

Risques de surpression à froid dans les états du réacteur où le circuit RRA est connecté au circuit primaire

L'IRSN rappelle que, pour le palier 900 MWe, une modification de conception a été proposée par EDF lors de la VD3-900 afin de réduire le risque de surpression à froid dans les états du réacteur où le circuit RRA est connecté au circuit primaire. Pour mémoire, cette modification concerne l'abaissement du seuil de tarage des soupapes du pressuriseur dans les états d'arrêt « RRA connecté ». Aucune modification similaire n'est proposée par EDF pour le palier 1300 MWe.

Dans les états du réacteur où le circuit RRA est connecté au CPP, EDF a distingué deux types de scénarios de surpression à froid :

- les scénarios pour lesquels, suite à la sollicitation d'une soupape RRA, la pressurisation du circuit primaire jusqu'au seuil d'ouverture des soupapes du pressuriseur est induite par l'isolement inopportun du RRA hors procédure et sans précaution par l'équipe de conduite. Pour EDF, le risque de surpression à froid consécutif à un tel isolement inopportun est jugé négligeable. Ce type de scénario n'est donc pas retenu dans l'étude d'EDF.
- les scénarios pour lesquels, en cas de brèche présumée sur le circuit RRA, la pressurisation du circuit primaire jusqu'au seuil d'ouverture des soupapes du pressuriseur est induite par l'échec du lignage de l'exutoire constitué par la soupape de sûreté de la ligne de décharge

du circuit de contrôle volumétrique et chimique (RCV 10 VP) ou par sa défaillance, alors que la brèche est située effectivement sur le circuit RRA. Dans son analyse, EDF distingue 4 cas :

- cas 1 : les scénarios ne nécessitant pas le lignage d'un exutoire car l'isolement des files RRA est réalisé individuellement ;
- cas 2 : les scénarios pour lesquels le lignage de la soupape RCV 10 VP est possible avant l'isolement du RRA. Ils correspondent aux brèches pour lesquelles le démarrage de l'injection de sécurité (IS) est réalisé lorsque le niveau pressuriseur est supérieur au seuil MIN2 ;
- cas 3 : les scénarios pour lesquels le lignage de la soupape RCV 10 VP n'est pas possible avant l'isolement du RRA. Ils correspondent aux brèches pour lesquelles le démarrage de l'IS est réalisé lorsque le niveau pressuriseur est inférieur au seuil MIN2 ;
- cas 4 : les scénarios pour lesquels une ligne de décharge du pressuriseur est ouverte avant l'isolement du RRA.

Le risque global de surpression à froid dans les états du réacteur où le circuit RRA est connecté au CPP est évalué par EDF à $1,6 \cdot 10^{-7}$ /année.réacteur. La principale contribution est associée au cas 1 et correspond à une très petite brèche isolable sur le circuit RRA, suivie de l'isolement de la file RRA intègre, puis de l'échec de la reconnexion de la file RRA intègre avant l'isolement de la file RRA ruptée.

Les scénarios correspondant aux 1, 3 et 4 n'appellent pas de remarques. Pour le cas 2, L'IRSN rappelle que pour les brèches de taille inférieure à 5 pouces, l'injection de sécurité doit être mise en service manuellement pour maintenir le niveau pressuriseur supérieur au seuil MIN2. EDF ne considère pas l'échec de cette action manuelle dans les scénarios du cas 2. Cet échec conduit à un scénario similaire au cas 3, pour lequel la probabilité d'échec du lignage d'un exutoire est la plus importante. De plus, EDF n'a pas démontré que les seuils « pression MAX1 enceinte » ou « activité enceinte seuil 2 » seront atteints, pour l'ensemble de tailles de brèches et de paramètres du CPP, dans un délai compatible avec la mise en service manuelle de l'injection de sécurité avant l'atteinte du seuil MIN2 du niveau du pressuriseur.

En conclusion, l'analyse de l'IRSN a mis en évidence l'importance du poids probabiliste de certaines actions des opérateurs (mise en service de l'injection de sécurité et lignage de l'exutoire) qui montrent que le risque de surpression à froid suite à une brèche sur le circuit RRA ne peut pas être écarté. **Ce point fait l'objet de la recommandation n° 2 en annexe.**

Isolement inopportun du RRA

EDF ne considère pas l'isolement inopportun du RRA hors procédures et sans précaution par l'équipe de conduite. En 2001, l'IRSN n'avait pas pu se prononcer sur la quantification qui avait été présentée par EDF pour ce type de scénario, compte tenu de l'absence du guide d'application de la méthode d'évaluation probabiliste de la fiabilité humaine d'EDF (MERMOS). L'IRSN rappelle que la quantification des actions inopportunes reste délicate et présente de fortes incertitudes. La démonstration que le risque de surpression à froid (RRA connecté ou non) est « pratiquement exclu » est donc difficile à apporter pour des scénarios reposant sur des actions inopportunes.

L'IRSN estime que, bien que jugés non indispensables dans la méthode MERMOS, la mise en œuvre d'essais dédiés à l'EPFH sur simulateur est utile. En effet, l'IRSN rappelle que la quantification des erreurs humaines dont les scénarios d'échec sont difficilement identifiables repose sur la « valeur résiduelle » de la méthode MERMOS. Ce point fait l'objet de la recommandation n°3 en annexe.

Conclusion

L'IRSN rappelle que, pour le palier 900 MWe, une modification de conception a été proposée par EDF lors de la VD3-900, afin de réduire le risque de surpression à froid dans les états du réacteur où le circuit RRA est connecté au circuit primaire. Aucune modification similaire n'est proposée par EDF pour le palier 1300 MWe. EDF justifie sa position en s'appuyant sur des études probabilistes.

L'IRSN note que les études réalisées par EDF dans le cadre du réexamen VD3-1300 ont permis d'identifier, d'analyser et de quantifier plusieurs familles de scénarios accidentels pouvant conduire à un risque de surpression à froid dans l'ensemble des états du réacteur. Il apparaît qu'une part importante de ces scénarios présente une fréquence d'occurrence résiduelle.

Néanmoins, l'IRSN estime que ces études mettent en évidence des scénarios des brèches sur le circuit RRA pour lesquels le risque de surpression à froid associé apparaît significatif et des modifications de conception ou d'exploitation devraient donc être étudiées.

Entre autres, pour les états du réacteur où le circuit RRA n'est pas connecté au circuit primaire, l'analyse de l'IRSN a mis en évidence des scénarios de surpression à froid de fréquence importante induits par un démarrage intempestif de la FBA ou par l'ouverture d'une soupape SEBIM du pressuriseur. A l'issue de l'instruction technique, EDF a annoncé que ces transitoires seront étudiés au titre du dossier de « tenue en service des cuves » et supprimés de l'étude des risques de surpression à froid du réexamen VD3-1300. L'IRSN estime néanmoins qu'EDF doit tirer les enseignements, dans le cadre des VD3-1300, de la fréquence significative des scénarios identifiés dans son étude « surpression à froid VD3-1300 ».

Pour le Directeur général de l'IRSN, et par délégation,

**Le Directeur Adjoint
de l'Expertise de Sûreté
P. QUENTIN**

Recommandations

Recommandation n° 1

L'IRSN estime qu'EDF doit tirer les enseignements, dans le cadre des VD3-1300, de la fréquence significative des scénarios identifiés dans son étude « surpression à froid VD3-1300 » et induits par un démarrage intempestif de la FBA ou par une ouverture de la ligne de décharge du pressuriseur. Des justifications sont attendues sur les conséquences de ces scénarios et les échéances de traitement. Ces études devront tenir compte de la modification matérielle portant sur l'arrêt automatique des pompes primaire en situation de brèche primaire.

Recommandation n° 2

Au vu du poids probabiliste des actions requises en cas de brèche sur le circuit RRA, l'IRSN recommande qu'EDF étudie des modifications de conception permettant de réduire le risque de surpression à froid dans les états « RRA connecté ».

Recommandation n° 3

L'IRSN recommande qu'EDF, dans ses futures EPS, engage des actions de retour d'expérience sur simulateur pour appuyer la quantification des probabilités d'échec des missions de conduite importantes pour limiter les risques de surpression à froid et pour lesquelles, aujourd'hui, la quantification repose sur la « valeur résiduelle » de la méthode MERMOS.