

Fontenay-aux-Roses, le 26 juillet 2016

Monsieur le président de l'Autorité de sûreté nucléaire

**Avis/IRSN N°** 2016-00255

**Objet :** Réacteurs électronucléaires - EDF  
Déclaration d'une modification des RGE - Chapitre VI  
Palier 1300 MWe - État technique VD2  
Modification du chapitre VI des RGE - Résorption de l'écart physique du dôme.

**Réf. :** Lettre ASN CODEP-DCN-2015-01296 du 29 mai 2015.

Conformément à la demande de l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) citée en référence, l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN) a examiné, du point de vue de la non régression au plan de la sûreté, la modification déclarée par EDF des règles de conduite post-accidentelle applicables aux réacteurs de 1300 MWe et consécutive à l'écart physique du dôme.

Rappel de l'anomalie de modélisation de la physique du dôme

La modification s'inscrit dans le cadre plus général de la résorption de l'anomalie de modélisation de la physique du dôme<sup>1</sup>.

Lorsque les Groupes de motopompes primaires (GMPP) sont en service, le refroidissement de l'eau dans le dôme est assuré par le débit qui circule vers le dôme (débit dit de « balayage ») dû à la circulation forcée par les GMPP. La température de l'eau dans le dôme est alors proche de la température des branches froides.

Lorsque les GMPP sont arrêtés, la circulation dans le cœur et dans les branches du circuit primaire est assurée par le débit en circulation naturelle, dit « en thermosiphon », dû à la différence de densité entre l'eau chaude dans le cœur et l'eau refroidie par les Générateurs de vapeur (GV). L'arrêt de la circulation forcée entraîne l'arrêt du débit de balayage et des différences entre la température du circuit primaire et celle de l'eau dans le dôme. Pour un transitoire de repli qui comporte une phase de refroidissement par les GV et une phase de dépressurisation, la vitesse de refroidissement du dôme obtenu uniquement par ses pertes thermiques est bien inférieure à celle du refroidissement du circuit primaire. La marge à la saturation dans le dôme diminue et l'eau passe à terme à saturation puis se vaporise et forme une bulle, tandis que le reste du circuit primaire, refroidi par les GV, reste sous

**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

---

<sup>1</sup> « dôme » est le terme employé par EDF pour désigner le volume intérieur du « couvercle de la cuve »

saturé. À la formation de la bulle dans le dôme, les actions de dépressurisation, si elles sont poursuivies, ont essentiellement pour conséquence d'accroître le volume de la bulle dans le dôme et non pas de dépressuriser le circuit primaire.

Cette situation (transitoire de repli avec les GMPP à l'arrêt) n'est pas modélisée correctement avec le logiciel de thermohydraulique CATHARE. L'anomalie de modélisation entraîne un écart entre la situation thermohydraulique réelle dans le dôme de la cuve et la situation simulée et prise en compte jusqu'à présent dans les études d'accident et l'élaboration des règles de conduite. La résorption de cet écart appelé « *écart physique du dôme* » (EPD), qui passe par une modification de la modélisation dans le logiciel, nécessite, selon EDF, de modifier également les règles de conduite.

#### Modifications des règles de conduite proposées par EDF

Actuellement, lorsque les GMPP sont à l'arrêt, le principe de la conduite en Approche par états (APE) considère que l'inventaire en eau est satisfaisant (i.e. peu ou pas dégradé) lorsque le niveau de l'eau dans la cuve est au-dessus de la génératrice supérieure des branches chaudes (dit haut des branches chaudes). Ce niveau physique du haut des branches chaudes est appelé « hbc ». En salle de commande, l'opérateur surveille le Niveau de l'eau dans la cuve (Ncuve) par rapport à des seuils caractéristiques APE représentatifs de niveaux physiques dans la cuve. Ainsi, le niveau physique hbc est caractérisé par le seuil APE HBC. Compte tenu des incertitudes de mesure et des marges prises pour la définition des seuils APE, le seuil HBC est fixé à une cote supérieure au niveau réel du haut des branches (hbc). De ce fait, le seuil APE HBC peut être franchi à la baisse avant l'atteinte réelle du haut des branches chaudes.

L'écart physique du dôme a mis en évidence qu'une bulle peut se former plus facilement et peut s'étendre davantage à ce qui est considéré actuellement par les études de sûreté et la conduite APE. Cette bulle peut s'étendre et franchir le seuil HBC, même en l'absence de dégradation notable de l'inventaire en eau primaire. Dans ce cas, EDF considère que l'orientation vers la conduite requise en situation dégradée caractéristique du franchissement du seuil HBC n'est pas appropriée à cette situation et a déclaré une modification appelée « *Nouvelle caractérisation de l'inventaire en eau du circuit primaire* » (NCIEp).

Pour éviter de prendre en compte le seuil HBC qui peut être franchi avant le seuil physique hbc, EDF propose d'abaisser le seuil représentatif de l'inventaire en eau peu ou pas dégradé du seuil HBC au seuil représentatif du bas des branches chaudes (BBC) lorsque le fluide primaire est sous saturé ( $\Delta T_{sat} > \varepsilon$ ) dans le cœur<sup>2</sup>. En effet, EDF considère que, tant que le fluide primaire dans le cœur est sous saturé, il n'est pas possible que le niveau de l'eau dans la cuve soit inférieur à la génératrice supérieure des branches chaudes (niveau physique hbc) et la lecture éventuelle de la valeur Ncuve < HBC ne peut alors être due qu'aux incertitudes et marges prises sur HBC. En revanche, lorsque le fluide primaire est à saturation, EDF conserve l'indication « Ncuve < HBC » comme étant

---

<sup>2</sup>  $\varepsilon$  représente la valeur maximale de l'incertitude de la marge à la saturation : lorsque  $\Delta T_{sat} > \varepsilon$  le fluide est sous saturé de façon certaine.

représentative d'un inventaire en eau dégradé. Enfin, en dessous du seuil BBC, l'inventaire en eau est considéré comme étant dégradé sans condition sur la marge à la saturation.

Les règles en APE définissent la conduite requise en fonction de l'état de la chaudière. Cet état est notamment décrit par la position du point de fonctionnement de la chaudière dans la grille d'états à deux dimensions : niveau de l'eau dans la cuve (Ncuve) et marge à la saturation ( $\Delta T_{sat}$ ). La NCIEp modifie la conduite requise dans la zone de cette grille d'états comprise entre HBC et BBC pour ce qui concerne le niveau et entre  $\varepsilon$  et 140 °C pour ce qui concerne la sous saturation. Cette zone de sous saturation correspond au circuit primaire sous saturé de façon certaine, mais sans valeur excessive de sous saturation vis-à-vis du risque de surpression à froid. Dans cette zone d'états, il convient d'analyser, outre la pertinence du principe de la NCIEp, sa mise en œuvre dans la conduite.

La modification NCIEp appelle plusieurs remarques de la part de l'IRSN qui sont présentées ci-dessous.

Pour ce qui concerne le principe de la NCIEp, l'IRSN estime effectivement que la formation d'une bulle dans le dôme ne peut pas s'étendre en dessous du haut des branches chaudes tant que le circuit primaire est sous saturé : la bulle ne peut s'étendre que tant qu'il reste dans le dôme de l'eau plus chaude que celle du reste du circuit primaire. Ensuite, l'eau du circuit primaire passe à saturation en cas de poursuite de la dépressurisation. Ce n'est qu'après le passage à saturation du circuit primaire que le niveau cuve est susceptible de descendre sous le niveau des branches chaudes.

**L'IRSN estime donc acceptable de considérer que, lors de la formation d'une bulle dans le dôme de la cuve, le niveau réel de l'eau dans la cuve ne peut pas descendre sous la génératrice supérieure des branches chaudes tant que le fluide du circuit primaire est sous saturé.**

La NCIEp abaisse le niveau représentatif de l'inventaire en eau peu ou pas dégradé jusqu'au seuil BBC lorsque les GMPP sont hors service et le fluide primaire dans le cœur est sous saturé. Ce seuil BBC correspond à un état déjà dégradé de l'inventaire en eau puisque, en dessous de ce seuil, les boucles sont, de façon certaine, entièrement vides. La condition sur la marge à la saturation rend acceptable l'utilisation de ce niveau pour considérer que l'inventaire en eau est peu ou pas dégradé. Cependant, l'IRSN considère que la NCIEp a pour conséquence de modifier la signification des seuils de niveau cuve dans la conduite ce qui peut perturber l'opérateur. Cette remarque fait l'objet de l'observation n° 1 en annexe 2.

La modification déclarée par EDF est justifiée sur la base du scénario de formation d'une bulle dans le dôme et repose sur le principe que le niveau réel de l'eau dans la cuve dans ces conditions ne peut pas descendre sous la génératrice supérieure des branches chaudes tant que le primaire est sous saturé. Cependant, EDF entend appliquer la NCIEp à l'ensemble des situations couvertes par l'APE, notamment en cas de dégradation importante de l'inventaire en eau du circuit primaire. Pour ces conditions, trois actions importantes pour la sûreté doivent être examinées : la conduite de l'injection de sécurité (IS), la mise en service du circuit de Refroidissement à l'arrêt (RRA) et sa mise hors service, ainsi que l'ouverture et la fermeture des Lignes de décharge du pressuriseur (LDP).

L'IRSN convient que la conduite de l'IS et des LDP n'est pas notablement modifiée. En revanche, l'IRSN considère que le circuit RRA pourrait théoriquement être laissé ou mis en service alors que les

boucles ne sont pas entièrement pleines d'eau lorsque le fluide primaire dans le cœur est sous saturé. Or pour le bon fonctionnement du circuit RRA dont les pompes aspirent en branches chaudes, il est requis que les boucles soient entièrement remplies d'eau ( $N_{cuve} > HBC$ ). L'IRSN admet que cette situation est peu probable puisque la sous saturation indique, a priori, que les boucles sont pleines. Toutefois, l'IRSN estime que le primaire peut être considéré comme sous saturé, au moins transitoirement, lorsque le cœur est refroidi par le circuit RRA ou l'injection de sécurité à fort débit, sans que les boucles ne soient entièrement pleines. L'IRSN souligne que le fonctionnement à la Plage de travail basse (PTB) du RRA ou le fonctionnement en recirculation à long terme en cas de grosse brèche correspond à ce type d'état pour lequel le circuit primaire est sous saturé et les boucles pas entièrement pleines. L'IRSN estime que la démonstration d'EDF n'est pas complète pour ces cas, ce qui fait l'objet des recommandations n°1 et 2 en annexe 1.

Par ailleurs, l'IRSN souligne que, pour certaines situations incidentelles avec les GMPP hors service, la conduite APE demande d'éviter la formation d'une bulle dans le dôme alors que cette contrainte pénalise le passage en état de repli sur RRA et nécessite des mesures compensatoires sur l'épuisement de la réserve d'eau d'alimentation de secours (ASG) ou du remplissage du pressuriseur. La NCIEp permet de relaxer les contraintes liées à la formation d'une bulle dans le dôme mais le dossier d'amendement associé ne propose pas de valoriser cette modification pour ces situations incidentelles. Cette option retenue par EDF pour la NCIEp devra donc être prise en compte lors des instructions traitant de ces sujets.

Enfin, l'IRSN a examiné la prise en compte de la NCIEp dans les règles APE. Cette prise en compte n'appelle pas de remarque de fond, mais l'IRSN considère que la NCIEp doit être mieux introduite dans le texte des règles de façon à éviter de mauvaises interprétations, notamment pour ce qui concerne le niveau BBC considéré comme satisfaisant du point de vue de l'inventaire en eau si le  $\Delta T_{sat} > \varepsilon$ . Cette remarque fait l'objet de l'observation n°2 en annexe 2.

En conclusion de son analyse, et sous réserve des recommandations formulées en annexe 1, l'IRSN estime que la modification déclarée par EDF est acceptable du point de vue de la non régression de la sûreté car elle permet de proposer une conduite mieux adaptée aux situations en thermosiphon que celle prescrite actuellement en cas de formation d'une bulle dans le dôme.

Pour le Directeur général et par délégation,  
Frédérique PICHEREAU  
Adjoint au directeur de l'expertise de sûreté

Annexe 1 à l'avis IRSN/2016-00255 du 26 juillet 2016

**Recommandations**

**Recommandation n° 1**

En cas de fonctionnement sur le circuit RRA, dans certaines conditions accidentelles (vaporisation de masses d'eau plus chaudes que celle de la cuve, présence d'incondensables, pression du circuit primaire à l'équilibre avec celle de l'enceinte), le circuit primaire pourrait être sous saturé avec un niveau dans la cuve inférieur au niveau physique du haut des branches chaudes. Aussi, l'IRSN recommande qu'EDF s'assure que la mise en œuvre de la nouvelle caractérisation de l'inventaire en eau du primaire n'est pas susceptible d'entraîner le maintien en fonctionnement du circuit RRA avec des boucles partiellement dénoyées en cas de dégradation de l'inventaire en eau.

**Recommandation n° 2**

L'IRSN recommande qu'EDF s'assure que, en situation accidentelle de brèche primaire ayant conduit à une phase de renoyage, la mise en œuvre de la nouvelle caractérisation de l'inventaire en eau du primaire n'est pas susceptible d'entraîner la mise en service du circuit RRA sur un critère de marge à la saturation satisfaisant malgré un niveau insuffisant dans les branches chaudes.

**Observations**

**Observation n° 1**

L'abaissement du niveau représentatif de l'inventaire en eau peu ou pas dégradé a pour conséquence de modifier la signification des seuils de conduite. L'IRSN estime qu'EDF devra veiller à ce que la nouvelle caractérisation de l'inventaire en eau du circuit primaire soit correctement comprise et interprétée par les opérateurs.

**Observation n° 2**

L'IRSN estime que la NCIEp devrait être présentée dans les règles de conduite afin d'éviter toute mauvaise interprétation des justifications.