

Fontenay-aux-Roses, le 11 avril 2013

Monsieur le Président de l'Autorité de sûreté nucléaire

Avis/IRSN N° 2013-00132

Objet : Réacteurs électronucléaires - EDF

Etudes associées au réexamen de sûreté des réacteurs de 1300 MWe (VD3 1300)

Suffisance des études de sûreté et modifications relatives au thème REF 04 :

« Risques de dilution », dilution CEPP

Réf. Lettre ASN CODEP-DCN-2012-051440 du 24 septembre 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 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 EDF concernant le thème « Risques de dilution » ;
- la suffisance des modifications envisagées par EDF dans le cadre de ce thème de réexamen.

La présente analyse vise à répondre à cette demande en ce qui concerne le scénario de dilution hétérogène par fuite de l'échangeur du circuit d'étanchéité des pompes primaires (CEPP). De manière générale, l'avis de l'IRSN porte sur l'acceptabilité des études présentées par EDF pour tous les paliers du parc en exploitation.

#### Démarche mise en œuvre par EDF

Une fuite d'un tube de l'échangeur CEPP conduit à l'introduction d'eau claire dans le circuit primaire via l'injection aux joints des pompes primaires. Pendant les états d'arrêts pour intervention ou pour rechargement, les pompes primaires étant hors service, cette eau non borée et froide peut s'accumuler par effet de densité dans les branches en U du circuit primaire, formant ainsi un bouchon d'eau claire ou faiblement borée à cet endroit. Lors du démarrage de la première pompe primaire, ce bouchon serait envoyé dans le cœur, provoquant un accident de dilution. Les conséquences potentielles d'une telle dilution à savoir une divergence incontrôlée du réacteur sont jugées inacceptables.

Les études probabilistes menées par l'IRSN ont mis en évidence que ce scénario de dilution faisait partie des scénarios prépondérants conduisant à la fusion du cœur.

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

EDF évalue le débit de fuite d'un tube de l'échangeur CEPP à partir d'une hypothèse « *conventionnelle* » de taille de fissure. Cette hypothèse consiste à considérer une section de fissure égale au produit de la demi-épaisseur du tube par son rayon.

Ensuite, à partir d'études menées avec des codes d'écoulements fluides dits tridimensionnels (CFD<sup>1</sup>) simulant le transport du bouchon d'eau faiblement borée depuis la branche en U jusqu'à l'entrée du cœur, EDF retient deux approches distinctes :

- la première approche valorise le débit minimum d'injection aux joints des pompes primaires requis par les règles de conduite afin de démontrer l'absence de risque de création dans la branche en U d'un bouchon d'eau claire susceptible d'entraîner l'envoi dans le cœur d'eau à une concentration en bore inférieure à la concentration rendant le cœur critique ; EDF appuie cette approche sur un critère de découplage consistant à considérer que l'absence d'envoi d'eau à une concentration en bore inférieure à la concentration critique garantit l'absence de criticité ;
- la seconde approche évalue la réactivité du cœur suite à l'envoi d'un bouchon d'eau claire à l'aide d'un couplage thermohydraulique/neutronique 3D et permet à EDF de conclure à la non criticité du cœur.

L'objectif visé par EDF est de démontrer l'absence de risque de criticité du cœur lié à ce scénario afin de l'exclure des transitoires à prendre en compte au titre des études probabilistes de sûreté.

#### Analyse de l'IRSN

En premier lieu, l'IRSN s'interroge sur le bien-fondé du choix d'une hypothèse « *conventionnelle* » de taille de fissure sur des composants ou équipements anciens non soumis à des inspections approfondies en l'absence de toute contrainte réglementaire. Il conviendrait donc de considérer, en l'absence de contrôles spécifiques et de l'incertitude sur l'état des échangeurs, la section de brèche la plus pénalisante, vis-à-vis du scénario redouté.

D'une manière générale, les études de transfert du bouchon d'eau d'EDF reposent sur des choix de modélisation physiques et numériques qui n'ont pas fait l'objet d'études de sensibilité de la part d'EDF. L'IRSN a effectué un certain nombre d'études de sensibilité, en prenant des hypothèses différentes mais tout aussi réalistes que celles d'EDF (par exemple en ne négligeant pas certains phénomènes qu'EDF néglige). Ces calculs ont montré une variabilité importante de la distribution de concentration en bore en entrée du cœur, remettant en cause les résultats d'EDF.

Par ailleurs, l'IRSN considère que les dossiers de validation des codes utilisés présentent encore des lacunes et qu'ils mériteraient d'être complétés, notamment en ce qui concerne les calculs de CFD.

En ce qui concerne les approches retenues par EDF pour évaluer les conséquences de l'envoi d'un bouchon d'eau claire dans le cœur, l'IRSN estime que l'approche N°1 est remise en cause, pour l'ensemble des gestions de combustible du parc à l'exception de la gestion GEMMES du palier 1300 MWe. En effet, pour un débit de fuite très légèrement supérieur à celui pris en compte par EDF (augmentation de 1 % par rapport au débit à la brèche dans le cas d'une rupture d'un tube de

---

<sup>1</sup> CFD : Computational Fluid Dynamics

l'échangeur CEPP), l'approche N°1 ne permet plus de démontrer l'absence de criticité du cœur, sachant qu'EDF a retenu un débit de fuite basé sur une taille de fissure « conventionnelle » non justifiée.

Par ailleurs, l'IRSN souligne que, une fois la branche en U remplie par de l'eau claire, la dilution se poursuit et entraîne alors une dilution homogène du reste du circuit primaire. Ce phénomène doit être pris en compte, ce qui remet en cause l'approche N°1 pour la gestion du combustible GEMMES.

Au cours de l'instruction, EDF a proposé une évolution de l'approche N°1 pour le palier 1300 MWe, qui conduit à une réduction du conservatisme relatif au critère de découplage. L'IRSN estime que cette évolution n'est pas acceptable dans la mesure où elle présente de faibles marges et ne prend en compte aucun conservatisme permettant de couvrir d'éventuels autres effets faibles liés aux conditions thermohydrauliques et neutroniques.

Au regard de la variabilité potentiellement importante des résultats vis-à-vis des conditions initiales et aux limites (thermohydrauliques et neutroniques) mais également des lacunes dans la validation des codes mis en œuvre, l'IRSN estime que l'approche N°2 ne permet pas d'exclure le risque de criticité consécutif à une dilution CEPP et ce pour l'ensemble du parc en exploitation.

Compte tenu de l'ampleur et de la complexité des éléments (justifications, études à reprendre, validation des logiciels, etc.) restant à fournir, l'IRSN n'est pas convaincu que la mise en œuvre d'une méthodologie à « l'état de l'art » basée sur l'utilisation d'un code thermohydraulique CFD 3D puis d'un couplage thermohydraulique/neutronique 3D permette d'aboutir à une démonstration de sûreté probante pour exclure tout risque de criticité, d'où la recommandation en annexe.

Selon l'IRSN, diverses solutions techniques sont susceptibles de répondre à cet objectif, comme l'installation d'un dispositif de mesure de la concentration en bore sur la ligne de charge du circuit de contrôle volumétrique et chimique ou une modification des règles de conduite, prévoyant une vidange de la branche intermédiaire en préalable au redémarrage de la pompe primaire.

### Conclusion

L'IRSN considère que les études présentées par EDF ne permettent pas d'exclure le risque de criticité suite à une dilution externe par fuite de l'échangeur CEPP. Ainsi, l'IRSN considère qu'EDF doit identifier et mettre en place, dans le cadre des VD3 1300, des modifications matérielles ou de conduite pour éliminer ou réduire significativement la probabilité de ce scénario de dilution pendant les états d'arrêt.

Pour le directeur général et par délégation

Le directeur adjoint de l'expertise de sûreté

P. QUENTIN

Recommandations

**Recommandation N° 1 :**

Compte tenu de l'ampleur et de la complexité des éléments restant à fournir pour exclure sur la base d'études le risque de criticité résultant du scénario de dilution hétérogène par fuite de l'échangeur CEPP, l'IRSN recommande qu'EDF étudie rapidement des modifications matérielles ou de conduite, qui pourraient être mises en œuvre pour éliminer ou réduire de manière significative la probabilité de ce transitoire de dilution. Pour le palier 1300 MWe, l'IRSN recommande que les études correspondantes soient présentées sous un an afin que les modifications puissent être implantées dans le cadre du lot de modifications VD3-1300.