

Montrouge, le 21 avril 2016

Réf. : CODEP-DCN-2016-000282

**Monsieur le Directeur du projet
Flamanville 3
Centre national d'équipement nucléaire
EDF
97, avenue Pierre BROSOLETTTE
92120 MONTRouGE**

**Objet : Réacteurs électronucléaires – EDF
EPR Flamanville 3 (FLA3)
Maîtrise de la réactivité**

- Réf. :**
- [1] Courrier du Président-Directeur Général d'EDF du 16/03/2013
 - [2] Note AREVA D02-ARV-01-050-250 révision B
 - [3] Lettre ASN CODEP-DCN-2015-010163 du 12 juin 2015 – Réacteur Flamanville 3 (FLA3) – Complétude et suffisance du dossier de demande de mise en service
 - [4] Décret n° 2007-534 du 10 avril 2007 autorisant la création de l'installation nucléaire de base dénommée Flamanville 3, comportant un réacteur nucléaire de type EPR, sur le site de Flamanville (Manche)
 - [5] Lettre ASN CODEP-DCN-2014-057234 – Flamanville 3 (réacteur de type EPR) – Règles d'études d'accident hors piscine de désactivation
 - [6] Courrier EDF D305915002765 – EPR FA3 – Règles d'études d'accident hors piscine de désactivation – Chapitre 15.0 du rapport de sûreté
 - [7] Courrier EDF D3051153930 – EPR FA3 – Complétude et suffisance du dossier de demande d'autorisation de mise en service
 - [8] Décret n° 2007-1557 du 2 novembre 2007 relatif aux installations nucléaires de base et au contrôle, en matière de sûreté nucléaire, du transport de substances radioactives
 - [9] Directives techniques pour la conception et la construction de la prochaine génération de réacteurs nucléaires à eau sous pression adoptées pendant les réunions plénières du groupe permanent réacteur et des experts allemands les 19 et 26 octobre 2000
 - [10] Arrêté du 7 février 2012 modifié fixant les règles générales relatives aux installations nucléaires de base

Monsieur le Directeur,

La maîtrise de la réactivité est une fonction fondamentale de sûreté nucléaire. Pour le réacteur de Flamanville 3 (EPR FLA3), le décret en référence [4] précise notamment que « *la réactivité du cœur est contrôlée par deux moyens indépendants, comportant l'un un absorbant neutronique inclus dans les grappes de commande et l'autre un absorbant neutronique*

soluble dans l'eau de refroidissement du cœur, étant entendu que l'un au moins de ces moyens est capable de maintenir l'arrêt sous-critique du réacteur».

Par courrier en référence [1], EDF a transmis à l'ASN le dossier de demande d'autorisation de mise en service (DMES) de l'EPR FLA3 comportant notamment le rapport de sûreté (RDS) de l'installation. Le chapitre 4.5 de ce RDS décrit les exigences de sûreté relatives à la maîtrise de la réactivité, les bases de conception et les exigences fonctionnelles utilisées dans la conception des systèmes de maîtrise de la réactivité ainsi que l'évaluation des performances cumulées des différents systèmes participant à cette fonction (RGL, RCV, RIS et RBS). Vous avez également transmis, en support au RDS, la note de synthèse du contrôle de la réactivité de la première gestion prévisionnelle du combustible de l'EPR FLA3 en référence [2].

L'ASN a réalisé, avec le concours de l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire, l'instruction des exigences retenues pour la maîtrise de la réactivité de l'EPR FLA3, des moyens de contrôle associés et du dimensionnement de ces moyens. L'analyse a porté notamment sur la maîtrise de la réactivité lorsque le réacteur se trouve initialement en puissance, sur la maîtrise de la réactivité dans les états d'arrêt normal du réacteur et sur la maîtrise de la réactivité nécessaire pour atteindre, à la suite d'un accident, un état d'arrêt sûr*. L'ASN souligne que l'instruction a notamment porté sur la note en référence [2] et que le chapitre 4.5 du RDS a fait l'objet de demandes de compléments de la part de l'ASN lors de l'analyse de la complétude et de la suffisance du DMES de l'EPR FLA3 (référence [3]). La demande S-RDS-4.5-1 de l'ASN était motivée notamment par l'absence d'élément permettant de comprendre comment sont dimensionnés les moyens de contrôle de la réactivité. Vous avez répondu par le courrier en référence [7], en précisant que le chapitre 4.5 du RDS sera complété lors de sa prochaine mise à jour de façon à référencer la note en référence [2]. L'ASN rappelle que l'article 10 du décret en référence [8] précise notamment que le rapport de sûreté décrit « *les dispositions envisagées pour prévenir ces accidents ou en limiter la probabilité ou les effets* ». De ce fait, un simple renvoi à un document référencé ne peut suffire ; l'ASN considère donc votre réponse comme insuffisante, et **renouvelle sa demande S-RDS-4.5-1 formulée dans le courrier en référence [3]**.

*

* *

À la suite de cette instruction, l'ASN considère que la maîtrise de la réactivité lorsque le réacteur est en puissance est satisfaisant. En effet, les marges d'anti-réactivité apportées par l'arrêt automatique du réacteur, évaluées par EDF en arrêt à chaud, en fin de refroidissement partiel et en cas de situation de manque de tension généralisé (MDTG) sont suffisantes.

La maîtrise de la réactivité dans les états d'arrêt n'est assurée, sur l'EPR FLA3, que par la concentration en bore requise dans ces états. En effet, par conception, la fonction d'arrêt automatique du réacteur est indisponible en état d'arrêt normal, les grappes étant entièrement insérées dans le cœur dans cet état.

L'ASN remarque que la démarche mise en œuvre pour calculer la concentration en bore requise dans les états d'arrêt à chaud et d'arrêt à froid diffère de la démarche mise en œuvre pour les réacteurs en fonctionnement. En effet, la démarche utilisée pour l'EPR FLA3 vise à déterminer les concentrations en bore permettant de respecter le critère de non-atteinte à la criticité pour différents événements déclencheurs et conduit par conséquent à avoir des sous-criticité minimales qui varient selon le plan de chargement du cœur et l'avancement du cycle, et non des sous-criticités minimales fixes comme sur les réacteurs en fonctionnement.

Cette démarche, acceptable dans son principe, appelle néanmoins des demandes de l'ASN, formulées en annexe au présent courrier. Tout d'abord, l'ASN considère que la maîtrise de la réactivité dans les états d'arrêt

* Dans l'état d'arrêt sûr, le cœur est sous-critique, la chaleur résiduelle est évacuée durablement et les rejets radioactifs restent tolérables (Cf. [9]).

normal du réacteur nécessite la formulation d'exigences en termes de sous-criticité minimale dans ces états, exigences absentes de votre dossier. **Ce point fait l'objet des demandes A.1 et A.2 en annexe.** Par ailleurs, l'ASN remarque que les incertitudes retenues pour le calcul des concentrations en bore requises dans les états d'arrêt normal du réacteur ne sont pas les plus « enveloppes » possible, alors que la base de validation des logiciels de calculs est faible dans certains états d'arrêt, que le cœur de l'EPR présente des caractéristiques neutroniques spécifiques pour lesquelles l'extension de la validation des logiciels de neutronique n'a pas encore été vérifiée, et que la maîtrise de la réactivité dans les états d'arrêt n'est assurée que par la concentration en bore. **Ce point fait l'objet de la demande B en annexe.** Enfin, l'ASN considère que vous devrez préciser dans le chapitre 4.5 du RDS de FLA3 que, dans les états d'arrêt, la maîtrise de la réactivité du cœur est seulement garantie par la concentration en bore, la fonction d'arrêt automatique étant indisponible. **Ce point fait l'objet de la demande C en annexe.**

Enfin, concernant la maîtrise de la réactivité assuré par le bore pour atteindre l'état sûr, l'ASN note que vous vous êtes engagés à démontrer dans le RDS que le système de borication de sécurité (RBS) permet bien d'assurer le respect du critère de sous-criticité de 1000 pcm associé à l'état sûr, pour chaque condition de fonctionnement de référence étudiée.

*

* *

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

La directrice de la DCN,

Signé par : Anne-Cécile RIGAIL

Demandes de l'ASN

A. Exigence d'une sous-criticité minimale dans les états d'arrêt normal du réacteur

L'ASN constate que les concentrations en bore requises dans les états d'arrêt à chaud et à froid sont déterminées afin que le cœur ne redevienne pas critique dans les situations accidentelles les plus pénalisantes pour l'état considéré. La sous-criticité minimale dans les états d'arrêt est donc variable en fonction du plan de chargement, propre à chaque recharge de combustible. L'ASN remarque que, si les différentes concentrations en bore sont déterminées dans le document en référence [2], les sous-criticités associées ne sont pas précisées. L'ASN note que vous avez néanmoins transmis ces sous-criticités au cours de l'instruction de votre dossier.

L'ASN rappelle par ailleurs avoir formulé dans le courrier en référence [5] une demande relative à la définition des exigences relatives à la maîtrise de la réactivité pour les conditions de fonctionnement de dimensionnement amorcées dans les états du réacteur où le cœur est initialement sous-critique (à l'exception de la recherche de la criticité) et à leur traduction en critères techniques d'acceptation dans le sous-chapitre 15.0 du rapport de sûreté.

Vous avez précisé, dans le courrier en référence [6], que vous apporterez des précisions sur la maîtrise de la réactivité dans la prochaine mise à jour du rapport de sûreté, notamment en situations d'arrêt pour intervention et d'arrêt pour rechargement, pour lesquels une marge de 2000 pcm devra être respectée.

L'ASN estime par conséquent qu'en complément de la demande formulée dans le courrier en référence [5], les sous-criticités associées aux différentes concentrations en bore requises dans les états d'arrêt doivent être mentionnées dans le DMES de l'EPR FLA3.

Demande A.1 : L'ASN vous demande de préciser, dans la mise à jour de votre dossier de demande d'autorisation de mise en service du réacteur Flamanville 3, les sous-criticités minimales garanties par les concentrations en bore déterminées pour les différents domaines d'études considérés entre l'arrêt à chaud et l'arrêt pour rechargement, pour l'ensemble des cycles considérés dans la gestion prévisionnelle.

L'ASN constate par ailleurs qu'aucune exigence de sous-criticité minimale dans les différents états d'arrêt normal du réacteur n'est définie dans le RDS, alors qu'un critère de sous-criticité de 1000 pcm est pris en compte en état d'arrêt sûr.

L'article 3.8 de l'arrêté en référence [10] précise que « *l'exploitant précise et justifie ses critères [...] d'appréciation des résultats des études réalisées pour démontrer la sûreté nucléaire* ». À ce titre, l'ASN considère que vous devez définir un critère associé à la maîtrise de la réactivité en fonctionnement normal. De plus, l'ASN considère que la sous-criticité en fonctionnement normal ne peut être inférieure à la sous-criticité requise en état d'arrêt sûr, correspondant à une situation post-accidentelle.

Demande A.2 : L'ASN vous demande de définir, dans la mise à jour de votre dossier de demande d'autorisation de mise en service du réacteur Flamanville 3, un critère de sous-criticité minimale en fonctionnement normal dans les états d'arrêt à chaud et d'arrêt à froid et de démontrer son respect pour la gestion prévisionnelle de l'EPR FLA3 et pour les études de recharges associées. Ce critère devra comporter une marge d'au moins 1000 pcm par rapport l'état critique.

B. Incertitudes retenues pour le calcul des concentrations en bore requises dans les états d'arrêt normal du réacteur

Les concentrations en bore requises dans les différents états d'arrêt normal du réacteur sont déterminées en prenant en compte plusieurs incertitudes et pénalités. En particulier, vous considérez une incertitude de calcul de 100 ppm ou de 1000 pcm afin de déterminer la concentration en bore requise pour ces différents états d'arrêt :

- les concentrations en bore requises dans les états d'arrêt à chaud et d'arrêt intermédiaire sur GV (ci-après nommée CB AAC) et dans les états d'arrêt sur système de refroidissement à l'arrêt avec au moins une pompe primaire en fonctionnement (ci-après nommée CB AAF) sont calculées avec une incertitude de calcul de 100 ppm de bore ;
- les concentrations en bore requises en arrêt pour rechargement, pour intervention et dans les états d'arrêt sur système de refroidissement à l'arrêt lorsque toutes les pompes primaires sont arrêtées (ci-après nommée CB RE) sont calculées avec une incertitude de 1000 pcm sur l'anti-réactivité.

Vous considérez donc une incertitude différente en fonction de la concentration en bore à calculer, sans retenir de valeur enveloppe. L'incertitude de 1000 pcm peut en effet être plus forte que l'incertitude de 100 ppm compte tenu de l'efficacité différentielle du bore[†] retenue dans vos calculs.

L'incertitude de 100 ppm est justifiée dans les notes de synthèse de validation des logiciels de calculs en analysant le retour d'expérience des essais physiques au redémarrage après rechargement, ce qui correspond à des conditions chaudes et pressurisées. Or ces plages de températures et de pression ne couvrent pas l'ensemble des états d'arrêt pour lesquels cette incertitude est prise en compte dans le calcul de la concentration en bore. De plus, les seuls essais disponibles à basse pression et à basse température pouvant être utilisés pour valider cette incertitude sont ceux qui avaient été réalisés spécifiquement lors du premier démarrage du réacteur n° 3 de la centrale de Cruas, sur un cœur constitué entièrement d'assemblages neufs. Ces essais n'ont par ailleurs pas été interprétés avec la chaîne de calcul SCIENCE V2, utilisée dans la note en référence [2] et dans le RDS de l'EPR FLA3 transmis par le courrier en référence [1]. L'ASN constate donc que l'incertitude de 100 ppm utilisée pour calculer les CB AAC et CB AAF, notamment dans des conditions à basse pression et à basse température, ne bénéficie pas d'une validation robuste.

Par ailleurs, l'ASN rappelle que le cœur de l'EPR présente des caractéristiques neutroniques spécifiques, telles que la présence d'un réflecteur lourd, pour lesquelles l'extension de la validation des logiciels de neutronique ne pourra être vérifiée par EDF qu'à l'issue des essais physiques prévus à l'occasion du premier démarrage du réacteur.

Enfin, l'ASN rappelle qu'à la différence des réacteurs fonctionnant en puissance, la maîtrise de la réactivité dans les états d'arrêt du réacteur EPR n'est assuré que par le respect d'une concentration en bore, la fonction d'arrêt automatique étant indisponible dans ces états.

L'ASN considère donc que :

- la faiblesse de la base de validation des logiciels de calcul dans les états d'arrêt à basse pression et à basse température ;
- les caractéristiques neutroniques spécifiques de l'EPR FLA3 par rapport aux réacteurs du parc en fonctionnement ;
- l'indisponibilité de l'arrêt automatique dans les états d'arrêt du réacteur,

justifient de prendre en compte l'incertitude la plus enveloppe possible dans le calcul des concentrations en bore requises dans les états d'arrêt normal du réacteur.

[†] L'efficacité différentielle du bore est définie comme la sensibilité de la réactivité à la suite d'une variation de la concentration en acide borique.

Demande B : L'ASN vous demande par conséquent, dans la mise à jour de votre dossier de demande d'autorisation de mise en service du réacteur Flamanville 3, de considérer la valeur enveloppe des deux incertitudes de calculs de 1000 pcm sur la réactivité et 100 ppm sur la concentration en bore lors du calcul des concentrations en bore établies dans les conditions de connexion du système de refroidissement à l'arrêt et d'arrêt à froid.

C. Insertion des grappes de commande dans les états d'arrêt

Dans le chapitre 4.5 du RDS transmis par le courrier en référence [1], vous définissez le critère fonctionnel suivant : *« la réactivité du cœur doit être contrôlée dans toutes les conditions de fonctionnement normal, du démarrage du réacteur jusqu'à son arrêt, par deux moyens fonctionnellement différents. L'un consiste à utiliser les grappes de contrôle, l'autre à faire varier la concentration en bore soluble dans le fluide de refroidissement. »*

L'ASN estime que cette affirmation n'est pas valable dans les états d'arrêt du réacteur. En effet, dans ces états, les grappes sont entièrement insérées dans le cœur et participent effectivement à la sous-criticité initiale du réacteur, mais ne peuvent contrôler la réactivité du cœur. Par conséquent, dans ces états, la maîtrise de la réactivité du cœur n'est garantie que par la seule concentration en bore.

Demande C : L'ASN vous demande donc, dans la mise à jour de votre dossier de demande d'autorisation de mise en service du réacteur Flamanville 3, de modifier le critère fonctionnel présenté dans le chapitre 4.5 du RDS afin de tenir compte du fait que la fonction d'arrêt automatique du réacteur n'est pas disponible dans les états d'arrêt normal de l'EPR FLA3.