



DIRECTION DES CENTRALES NUCLEAIRES

Montrouge, le 14 avril 2019

**Réf. : CODEP-DCN-2019-013282****Monsieur le Directeur  
Division Production Nucléaire  
EDF  
Site Cap Ampère – 1 place Pleyel  
93 282 SAINT-DENIS CEDEX**

**Objet : Réacteurs électronucléaires - EDF  
Stratégies de conduite des dispositions du noyau dur pour la prévention de la fusion du combustible en réacteur et en piscine**

**Réf. :** Voir annexe 2

Monsieur le Directeur,

À la suite de l'accident de la centrale nucléaire de Fukushima, l'ASN vous a prescrit, par décision citée en référence [1], de réaliser des évaluations complémentaires de sûreté afin d'étudier le comportement des installations nucléaires pour des situations allant au-delà de celles retenues jusqu'alors dans la démonstration de sûreté.

À l'issue de ces évaluations complémentaires de sûreté, l'ASN vous a demandé, par un ensemble de décisions en date du 26 juin 2012 [2], de lui proposer la mise en place de dispositions matérielles et organisationnelles (« noyau dur ») visant, pour les situations extrêmes étudiées, à :

- prévenir un accident avec fusion du combustible ou en limiter la progression ;
- limiter les rejets radioactifs massifs ;
- permettre à l'exploitant d'assurer les missions qui lui incombent dans la gestion d'une crise.

Vos propositions, relatives au noyau dur et aux situations qu'il devait être en mesure de gérer compte tenu des stratégies de conduite associées, ont été examinées dans le cadre de la réunion du Groupe permanent d'experts pour les réacteurs nucléaires des 13 et 20 décembre 2012. À la suite de cette réunion, l'ASN a précisé, par un ensemble de décisions en date du 21 janvier 2014 [3] ses demandes relatives à la conception du noyau dur.

La prescription [ECS-1] des décisions du 26 juin 2012 [2] et les prescriptions [ECS-ND1], ECS-ND2], [ECS-ND3], [ECS-ND5], [ECS-ND13] et [ECS-ND14] des décisions du 21 janvier 2014 [3] concernent en particulier les stratégies de conduite associées au noyau dur. Elles ont pour objectif d'améliorer la prévention d'un accident avec fusion du cœur dans les réacteurs et de garantir le refroidissement, la sous-criticité et l'absence de dommages sur les assemblages de combustible présents dans les piscines.

En réponse à ces demandes, vous avez transmis des éléments concernant les principales options matérielles et les stratégies de conduite associées de façon à éviter la fusion d'assemblages de combustible en cuve ou dans les piscines, en « situation noyau dur »<sup>1</sup>. À la demande de l'ASN [4], ces éléments ont fait l'objet d'un examen par le Groupe permanent d'experts pour les réacteurs nucléaires le 2 février 2017, en s'appuyant sur l'analyse effectuée par l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN). Le Groupe permanent d'experts a diffusé son avis et ses recommandations, par la lettre citée en référence [5]. À l'issue de cet examen, vous avez transmis à l'ASN [6] vos positions ainsi que les actions que vous vous êtes engagé à effectuer ; celles-ci complètent les éléments techniques que vous aviez transmis en réponse aux prescriptions techniques de l'ASN.

À la suite de l'instruction de l'ensemble de ces éléments, l'ASN formule ci-après des demandes sur la conduite retenue pour prévenir la fusion du cœur et assurer la sûreté des assemblages en piscine.

Les demandes de l'ASN abordent successivement les sujets relatifs :

- A) aux stratégies de conduite retenues pour le réacteur ;
- B) à la stratégie de conduite retenue pour la piscine d'entreposage du combustible usé ;
- C) aux critères d'orientation vers la « conduite noyau dur » ;
- D) à l'instrumentation prévue afin de mettre en œuvre ces stratégies.

### A) Stratégies de conduite retenues pour le réacteur

Avant de mettre en œuvre les stratégies de conduite associées au noyau dur pour prévenir et maîtriser les accidents induits par une agression au-delà de celles retenues dans le référentiel d'EDF, vous prévoyez d'utiliser des équipements ne relevant pas du noyau dur qui seraient restés opérationnels. L'ASN considère que le principe d'une telle conduite, dite « progressive », utilisant au mieux les matériels disponibles et évitant autant que possible l'ouverture volontaire du circuit primaire, est pertinent.

Vous avez présenté [9] la modification du périmètre du noyau dur, consistant notamment à remplacer l'alimentation de secours ultime des générateurs de vapeur (ASGu) par un renforcement au séisme défini dans le cadre du noyau dur (dit « séisme noyau dur ») d'une partie du système d'alimentation de secours des générateurs de vapeur (ASG) existant et par l'utilisation de l'appoint ultime. Vous indiquez également [9] que vous valorisez la robustesse des joints des motopompes primaires (GMPP) existants, plutôt que de mettre en place un dispositif de joint passif sur ces motopompes. **Vous trouverez, en annexe 1, des demandes de l'ASN relatives à ces modifications (A1, A2, A3).**

Afin de démontrer la sous-criticité des différents transitoires, vous avez considéré la chute complète de l'ensemble des grappes de commande malgré l'occurrence d'un « séisme noyau dur ». Par ailleurs, la sous-criticité est démontrée, pour certains transitoires, grâce à l'ouverture des soupapes du pressuriseur qui permet, en l'absence de moyens d'injection d'eau borée à haute pression, d'atteindre des pressions plus basses, permettant l'injection de l'eau borée des accumulateurs, puis, grâce à la pompe de l'évacuation ultime de la puissance de l'enceinte (EASu), du réservoir d'eau borée (bâche PTR).

---

<sup>1</sup> La prescription [ECS-ND1] [3] dispose que « Les situations suivantes, ainsi que les situations résultant de leurs cumuls, sont dénommées ci-après « situations noyau dur » :

- la perte totale des alimentations électriques n'appartenant pas au noyau dur ;
- la perte totale de la source froide n'appartenant pas au noyau dur ;
- les agressions externes retenues pour le noyau dur ;
- les situations résultant de l'état de l'installation, du site et de son environnement après une ou des agressions externes retenues pour le noyau dur. »

L'ASN souligne que, compte tenu des moyens retenus par EDF pour le noyau dur, la nécessité de maîtriser la réactivité du cœur lors d'un accident sur un réacteur en puissance ou en arrêt normal sur les générateurs de vapeur contraint fortement les stratégies de conduite envisageables. Cette maîtrise de la réactivité suppose en outre, dans les études transmises par EDF, la chute complète de l'ensemble des grappes de commande. Sur ce dernier point, les éléments que vous avez transmis fournissent des éléments d'appréciation favorables sur la chute de l'ensemble des grappes, sans que celle-ci ne puisse être formellement démontrée.

**Par conséquent, l'ASN considère qu'EDF doit fournir des éléments complémentaires afin de montrer que la réactivité pourra être maîtrisée dans ces situations dégradées. Vous trouverez, en annexe 1, les demandes de l'ASN relatives à la maîtrise de la réactivité pour les différents transitoires envisagés en « situation noyau dur » (A4, A5, A6, A7).**

### **B) Stratégie de conduite retenue pour la piscine d'entreposage du combustible usé**

L'ASN considère que, à l'issue du déploiement complet du noyau dur, les dispositions retenues par EDF devraient permettre d'éviter le découvrement d'assemblages de combustible manutentionnés ou entreposés sous eau en « situation noyau dur », à condition que l'intégrité des piscines et de certaines tuyauteries soit démontrée pour une telle situation. **Vous trouverez en annexe 1 des demandes de compléments sur ce sujet (B1, B2, B3).**

Vous vous êtes par ailleurs engagé à justifier l'absence de risques d'inondation d'équipements du noyau dur présents dans le bâtiment du combustible en cas de perte d'étanchéité de tuyauteries ou de débordements des piscines. Concernant le risque d'inondation interne, la démonstration de la maîtrise des conséquences d'une fuite en aval des parties isolables des portions « noyau dur » du circuit PTR n'est pas apportée. **Vous trouverez en annexe 1 une demande sur ce sujet (B4).**

Enfin, vous devrez apporter des compléments pour les réacteurs de 1300 MWe et de 1450 MWe sur les stratégies de conduite lorsque le tube de transfert est fermé. **Vous trouverez en annexe 1 une demande sur ce sujet (B5).**

### **C) Critères d'orientation vers la « conduite noyau dur »**

Vous retenez deux critères possibles pour l'orientation initiale vers la conduite « noyau dur ». Vous prévoyez de placer ces tests au début du document d'orientation et de stabilisation (DOS) de la conduite en « approche par états » (APE). La réponse à ces deux tests sera apportée par les opérateurs en s'appuyant, en partie, sur des informations issues de moyens (instrumentation, contrôle commande...) faisant partie du noyau dur.

L'orientation vers la conduite « noyau dur » devra être réalisée suffisamment tôt pour ne pas compromettre les actions à effectuer dans cette conduite. Vous avez proposé au cours de l'instruction certains critères complémentaires et vous vous êtes engagé à compléter les critères de réorientation de la conduite en « approche par états » et la conduite progressive vers la conduite « noyau dur ». **Vous trouverez en annexe 1 une demande visant à préciser la nature des compléments attendus de votre part (C1).**

### **D) Instrumentation prévue afin de mettre en œuvre ces stratégies**

L'ASN considère que les principales dispositions retenues par EDF pour le noyau dur doivent être complétées pour y inclure toutes les informations nécessaires à l'appréciation de l'état du réacteur dans une « situation noyau dur ». **Vous trouverez en annexe 1 des demandes sur ce sujet (D1, D2).**

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

**Le directeur général adjoint**

**SIGNE**  
**Julien COLLET**

## **A) Demandes de l'ASN relatives aux stratégies de conduite pour le réacteur**

En réponse aux prescriptions de l'ASN, vous avez proposé de mettre en œuvre des dispositions matérielles et organisationnelles, appelées « noyau dur » afin de pouvoir gérer une situation accidentelle de perte totale des alimentations électriques (situation H3) et de la source froide (situation H1) des réacteurs électronucléaires, associée à la survenue d'une agression naturelle (séisme, inondation, vents, foudre, grêle ou tornade) de sévérité dépassant celle considérée jusqu'alors. Dans une telle situation, dite « situation noyau dur », les dispositions du noyau dur doivent permettre d'assurer :

- la prévention de la fusion du combustible,
- la limitation des rejets radioactifs massifs en cas de fusion du cœur ; sur ce sujet, l'ASN vous a transmis ses demandes dans le courrier cité en référence [8],
- la gestion de la crise en résultant.

### **A.1 Stratégie générale de conduite « noyau dur » du réacteur présentée par EDF**

Lors de la perte totale des alimentations électriques (situation dite H3) survenant lors d'une agression « noyau dur », les grappes de commande du réacteur chutent, les pompes primaires s'arrêtent et la circulation d'eau dans le circuit primaire passe en régime de circulation naturelle. La stratégie de conduite de l'installation dans cette situation vise à amener puis maintenir le réacteur à une pression et une température suffisamment basses pour prévenir une fuite au niveau des joints des motopompes primaires (GMPP) et assurer une injection en eau borée afin de prévenir tout redémarrage de la réaction nucléaire consécutivement au refroidissement. À cette fin, les opérateurs doivent engager au plus tôt un refroidissement à l'aide des générateurs de vapeur à une vitesse de 56 °C/h. Cette vitesse a été retenue par EDF car elle apparaît comme le meilleur compromis entre les contraintes de préservation de l'intégrité des joints des GMPP, l'intérêt de retenir une vitesse de refroidissement déjà connue des opérateurs en situation accidentelle et les contraintes de définition d'une stratégie de « conduite noyau dur » unique applicable en cas de brèche ou non sur le circuit primaire.

La puissance résiduelle est évacuée par le circuit secondaire. Le démarrage automatique du diesel d'ultime secours (DUS) permet l'alimentation électrique du système d'alimentation de secours ultime des générateurs de vapeur (ASGu), ainsi que du système de remplissage de la bêche d'alimentation de secours des générateurs de vapeur (ASG) par l'appoint en eau ultime, ce qui permet de garantir le maintien d'un inventaire en eau dans les générateurs de vapeur suffisant lors du refroidissement.

En parallèle du refroidissement, la pression dans le réacteur doit être abaissée jusqu'à l'atteinte des valeurs d'injection de l'eau borée contenue dans les accumulateurs du système d'injection de sécurité (RIS), puis de la pompe du noyau dur, dite « pompe EASu ».

Lors du refroidissement du circuit primaire, l'eau située sous le couvercle de la cuve se refroidit plus lentement que le reste du circuit primaire et commence à se vaporiser lorsque la pression atteint environ 70 bars. La dépressurisation est alors fortement ralentie du fait de l'apparition, puis de la croissance de cette bulle de vapeur. Afin de poursuivre le refroidissement sans risque de criticité, du bore doit être injecté dans le circuit primaire. À l'atteinte d'une température primaire en branche froide d'environ 230 °C, vous prévoyez d'ouvrir une ligne de décharge du pressuriseur (LDP). Cette action a pour objectif d'assurer la dépressurisation du circuit primaire et d'atteindre, au plus tôt, la pression de décharge des accumulateurs (environ 40 bars) qui permet une première injection d'eau borée.

La poursuite du refroidissement et de la dépressurisation permettent l'injection d'eau borée provenant de la bache de traitement et réfrigération des piscines (bache PTR) par la pompe EASu dès que la pression primaire devient inférieure à la pression de refoulement de cette pompe (environ 15 bar).

L'injection d'eau borée est interrompue par la fermeture de la LDP qui intervient à la suite de l'action d'un opérateur lorsque le volume injecté est jugé suffisamment important pour garantir l'atteinte d'une concentration en bore permettant de pérenniser le maintien du réacteur en arrêt à froid. Le refroidissement par les générateurs de vapeur est poursuivi. À terme, l'évacuation de la puissance résiduelle est assurée par les générateurs de vapeur. La pompe EASu est maintenue en service jusqu'à la vidange complète de la bache PTR dans les puisards du bâtiment réacteur. L'aspiration de la pompe EASu s'effectue ensuite sur ces puisards. A ce stade, si la recirculation n'est pas nécessaire (absence de brèche), la pompe EASu pourrait éventuellement être arrêtée.

Vous considérez que cet état est stabilisé et peut être maintenu pendant toute la durée de mission des matériels du noyau dur. L'arrivée de moyens extérieurs (FARN) ne change pas cet état stabilisé.

Par ailleurs, vous avez proposé une conduite dite « progressive » qui serait mise en œuvre en cas de « situation noyau dur » pour laquelle les moyens d'injection d'eau borée à haute pression dans le circuit primaire et la turbopompe du circuit d'alimentation de secours des générateurs de vapeur (TPS ASG) seraient fonctionnels. Vous avez précisé que les moyens concernés par la conduite « progressive » sont utilisés tant qu'ils restent en service, l'objectif étant de ne pas demander à l'équipe de conduite d'arrêter volontairement un matériel utile qui serait toujours en service en début de la « conduite noyau dur ».

Dans la note de synthèse de conception du noyau dur transmise à l'ASN par courrier en référence [9], vous présentez la modification du périmètre du noyau dur, consistant notamment à remplacer l'ASGu par un renforcement au « séisme noyau dur » du système ASG existant, à ajouter un inverseur de source haute tension permettant d'alimenter automatiquement la pompe ASG par le DUS et à utiliser l'appoint ultime. Vous valorisez la robustesse des joints des motopompes primaires existants et n'envisagez pas de mettre en place un dispositif de joint passif.

Ces modifications sont susceptibles de conduire à des évolutions des stratégies de conduite.

**Demande n° A1 : L'ASN vous demande d'identifier les modifications éventuelles à apporter aux stratégies de « conduite noyau dur » que vous avez définies, au regard des nouveaux choix de conception du noyau dur effectués en 2018. Vous transmettez à l'ASN, avant septembre 2019, les justifications associées.**

Vous aviez proposé dans le cadre de l'instruction relative à la durée de fonctionnement de vos réacteurs une diversification de l'alimentation de secours en eau des générateurs de vapeur. Les modifications que vous apportez au périmètre du noyau dur remettent en cause cette diversification. À cet égard, le III de la prescription [ECS-1] des décisions [2] dispose que, « *pour [le] noyau dur, l'exploitant met en place des SSC indépendants et diversifiés par rapport aux SSC existants afin de limiter les risques de mode commun. L'exploitant justifie le cas échéant le recours à des SSC non diversifiés ou existants* ».

**Demande n° A2 : L'ASN vous demande de justifier, avant septembre 2019, que l'absence de diversification de l'alimentation de secours en eau des générateurs de vapeur est acceptable du point de vue de la fiabilité de cette fonction dans chaque situation où elle est valorisée. De plus, vous présenterez l'analyse des risques associés à l'absence de séparation géographique entre les différents équipements assurant cette fonction.**

Dans le cadre de l'instruction, vous n'avez pas apporté d'élément de démonstration particulier sur la capacité de la conduite « progressive » à gérer les situations de perte totale des alimentations électriques et de perte de la source froide à court, moyen et long termes.

**Demande n° A3 : L'ASN vous demande de décrire les modalités de mise en œuvre d'une conduite « progressive » dans les situations de perte totale des alimentations électriques et de perte de la source froide à court, moyen et long termes et de justifier, avant septembre 2019, que les équipements importants mobilisés par cette conduite et les séquences d'actions requises sont en capacité de ramener les réacteurs dans un état où les fonctions de sûreté sont durablement assurées.**

## **A.2 « Conduite noyau dur » retenue pour le réacteur en puissance ou en arrêt normal sur les générateurs de vapeur**

La mise en œuvre d'une « conduite noyau » dur vise à assurer l'accomplissement à court, à moyen et à long terme des trois fonctions de sûreté associées à la sous-criticité, à l'évacuation de la puissance et au confinement.

### **A.2.1. Maîtrise de la réactivité**

Vous avez identifié un risque de retour en criticité lors du refroidissement du circuit primaire, compte tenu de l'absence de moyen d'injecter du bore avant l'ouverture des LDP qui permettent, dans un premier temps, la vidange des accumulateurs et, dans un second temps, l'appoint par la pompe EASu. En effet, le refroidissement rapide du circuit primaire pourrait rendre le réacteur à nouveau critique après son arrêt.

Afin de démontrer la sous-criticité des différents transitoires, vous avez considéré :

- la chute complète de l'ensemble des grappes de commande, malgré l'occurrence d'un « séisme noyau dur » ;
- une réduction des incertitudes et pénalités par rapport à celles retenues dans les études du domaine de dimensionnement ;
- l'anti-réactivité apportée par l'augmentation du xénon après l'arrêt automatique du réacteur pour les « situations noyau dur » survenant alors que le réacteur est en puissance.

### **Réacteurs « en puissance »**

En réponse à la prescription [ND-13] [3], vous avez transmis des éléments [14] [15] [16] visant à démontrer la chute complète de l'ensemble des grappes de commandes en cas de « situation noyau dur » pour les réacteurs de la centrale nucléaire du Tricastin. Dans ce cadre, vous avez défini une liste d'EIP à intégrer au noyau dur afin de garantir cette chute des grappes. Cette liste n'appelle pas de remarque de la part de l'ASN, toutefois elle nécessitera la mise à jour de la note relative à la liste des SSC du noyau dur [13], qui ne fait pas apparaître ces éléments.

En revanche, les éléments transmis soulèvent des interrogations liées aux capacités de modélisation des phénomènes rencontrés (définition des mouvements sismiques transmis au niveau des mécanismes de commande de grappe, évaluation du risque de flambage des grilles des assemblages de combustible, notamment en présence de ressorts de grilles fissurés, qualification du code de calculs CASAC...). De plus, l'ASN considère que les résultats expérimentaux de chute de grappe sous séisme obtenus pour des assemblages différents de ceux présents sur vos réacteurs [16] ne sont pas applicables aux assemblages actuellement présents dans vos réacteurs, du fait notamment de la présence d'un nombre de grilles différent.

Par ailleurs, certains événements sont survenus sur vos réacteurs et ont mis en évidence des blocages ou des insertions incomplètes de grappes de commande. À titre d'exemple, vous avez observé récemment des blocages de grappes de commande, y compris à la chute, dus à l'usure prononcée des manchettes thermiques des couvercles des cuve de plusieurs réacteurs.

À ce jour, en « situations noyau dur », les interrogations soulevées lors de l'instruction ne permettent pas de conclure à une démonstration de la chute complète des grappes de commande. Par ailleurs, cette démonstration paraît difficilement atteignable dans un délai raisonnable. Aussi, des compléments devraient être apportés par EDF afin d'évaluer les risques en cas d'absence de chute d'une ou plusieurs grappes de commande dans une même zone du cœur. Par conséquent, vous devrez définir des stratégies de « conduite noyau dur » permettant de démontrer, avec un niveau de confiance élevée, la sous-criticité du cœur en cas d'absence de chute d'une ou plusieurs grappes de commande, couvrant *a minima* le blocage hors du cœur de la grappe la plus pénalisante en termes de criticité. Cette stratégie s'appuiera éventuellement sur des modifications ou un élargissement du noyau dur (avec, par exemple, la mise en place de grappes absorbantes supplémentaires, de moyens d'injection à pression élevée en eau borée...).

**Demande n° A4 : L'ASN vous demande de proposer pour fin septembre 2019, pour les réacteurs de 900 MWe et les gestions de combustible associées, une configuration raisonnablement enveloppe correspondant à l'absence de chute d'une ou plusieurs grappes de commande dans une même zone du cœur, incluant un blocage hors du cœur de la grappe la plus pénalisante en termes de criticité. Vous présenterez la stratégie de conduite permettant de démontrer la sous-criticité du cœur dans cette configuration en identifiant, le cas échéant, les éventuelles modifications associées à cette stratégie et le calendrier de déploiement associé. Vous transmettez la description de ces modifications avant fin septembre 2019.**

**Vous transmettez les éléments relatifs aux réacteurs de 1300 et 1450 MWe avant fin 2019.**

Pour les réacteurs de 900 MWe de type CP0 exploités en gestion du combustible CYCLADES, vous avez valorisé dans vos études l'augmentation de l'effet neutrophage du xénon après l'arrêt du réacteur pour démontrer la maîtrise de la réactivité lorsque le réacteur est en puissance quand survient « la situation noyau dur ». La prise en compte du xénon impose à l'opérateur d'effectuer les différentes actions de refroidissement dans un délai contraint : le refroidissement ne doit pas être engagé trop tôt, afin que l'augmentation de la concentration en xénon soit suffisante, ni trop tard puisque la concentration en xénon commence à décroître sept heures après la chute des grappes de commande. Ces contraintes ne sont pas compatibles avec des situations très dégradées où une certaine capacité d'adaptation doit être recherchée.

Pour les autres réacteurs, la démonstration de l'absence de retour en criticité pendant les douze premières heures qui suivent l'arrêt du réacteur, qui s'appuie à ce stade sur une hypothèse de chute complète de l'ensemble des grappes, ne nécessite pas la valorisation de l'augmentation de la concentration en xénon, ce qui est satisfaisant.

**Demande n° A5 : L'ASN vous demande que votre stratégie de conduite soit définie sans valoriser l'augmentation temporaire de la concentration en xénon.**

#### Réacteurs en arrêt normal sur les générateurs de vapeur (AN/GV)

En situation d'arrêt normal sur les générateurs de vapeur (AN/GV), la concentration en xénon peut être nulle lorsque survient l'événement déclencheur. Dans cet état, les spécifications techniques d'exploitation (STE) des règles générales d'exploitation (RGE) requièrent une concentration en bore plus élevée de manière à garantir l'absence de retour en criticité en cas d'accident.

Vous avez identifié, lorsqu'un réacteur de 1300 MWe est en AN/GV un risque de retour en criticité lorsque la température de l'eau dans la branche froide du circuit primaire atteint 240 °C. Vous proposez que l'opérateur ouvre alors les soupapes dites SEBIM de la ligne de décharge du pressuriseur dès que la température de l'eau en branche froide atteint 250 °C. Cette température correspond à la température de saturation à 40 bars, pression à laquelle les accumulateurs commencent à injecter de l'eau dans le circuit primaire. L'ouverture de ces soupapes permet d'atteindre rapidement la pression d'injection de bore par les accumulateurs. Toutefois, le délai disponible pour l'opérateur pour ouvrir la ligne de décharge LDP est très faible avant d'atteindre une température dans le circuit primaire correspondant à un retour en criticité. Ce délai est de l'ordre de dix minutes.

Pour les réacteurs de 1300 MWe, vous prévoyiez d'étendre cette conduite aux situations où le réacteur est initialement en puissance. Lors de l'instruction technique, il vous a été demandé de modifier la conduite prévue pour ces réacteurs afin de maintenir, aussi longtemps que possible, les barrières de confinement et de vous assurer de la maîtrise de la réactivité sans anticiper l'ouverture des soupapes de la ligne de décharge du pressuriseur. À cet égard, vous avez prévu de revoir vos études afin de d'éviter d'anticiper l'ouverture des soupapes lorsque le réacteur est en puissance, ce qui est satisfaisant.

Toutefois, cette évolution ne permet pas de répondre à l'absence de marge suffisante pour gérer les « situations noyau dur » qui surviendraient en situation d'arrêt normal sur les générateurs de vapeur. Ces dernières pourraient, par exemple, être gérées en considérant un relèvement de la valeur minimale de la concentration en bore requise lors de l'arrêt dans les spécifications techniques d'exploitation des réacteurs de 1300 MWe.

**Demande n° A6 : Pour les réacteurs de 1300 MWe, l'ASN vous demande de réviser d'ici fin 2019 la stratégie de conduite permettant de gérer les « situations noyau dur » qui surviendraient alors que le réacteur est en état d'arrêt normal refroidi par les générateurs de vapeur sans contrainte de délai d'ouverture des lignes de décharge du pressuriseur plus forte que celle à la base des stratégies de « conduite noyau dur » prévues pour les réacteurs de 900 MWe.**

## **A.2.2. Maîtrise du refroidissement**

### Vitesse de refroidissement

Votre stratégie de conduite repose sur un refroidissement rapide du circuit primaire de 56 °C/h afin notamment :

- d'atteindre rapidement des conditions de pression et de températures permettant de prévenir le risque de fuite d'eau au niveau des joints des pompes primaires ;
- de retenir une conduite compatible avec la conduite d'une petite brèche sur le circuit primaire, qui requiert un refroidissement supérieur à 28 °C/h.

Dans votre étude, vous ne considérez pas de perte d'intégrité au niveau des joints des pompes dans les premières heures. La vitesse de refroidissement de 56 °C/h résulte du risque de brèche au joint des GMPP au-delà de ces premières heures. Vous ne valorisez pas les résultats des essais de qualification et de tenue des joints des motopompes primaires que vous avez entrepris. Sans que l'ASN n'ait instruit à ce stade les résultats de ces essais, elle constate qu'une meilleure tenue de ces joints à la température et à la pression pourrait rendre pertinent un assouplissement de la vitesse de refroidissement au bénéfice d'une meilleure prévention du risque de retour en criticité sans toutefois remettre en cause la conduite en cas de petite brèche.

Vous avez transmis des éléments relatifs à la pertinence de la vitesse de refroidissement du fluide primaire retenu en « conduite noyau dur » pour les transitoires, compte tenu des modes de dégradation et des débits de fuite observés lors de vos essais de qualification. **Ces éléments feront l'objet d'une instruction ultérieure.**

## Risques associés à un circuit primaire « monophasique »

L'injection d'eau borée est interrompue et la fermeture de la LDP intervient lorsque le volume injecté est jugé suffisamment important pour garantir l'atteinte d'une concentration en bore permettant de pérenniser le maintien du réacteur à l'arrêt à froid. L'évacuation de la puissance résiduelle est alors assurée par les échanges thermiques entre le circuit primaire et le circuit secondaire jusqu'à l'atteinte des conditions de pression et de température induites par les limites des capacités de refoulement de la pompe EASu.

Après la fermeture de la LDP, le circuit primaire pourrait dans certaines situations devenir monophasique. Dans ce cas, l'échauffement du primaire risque de provoquer sa dilation et donc une forte augmentation de pression pouvant entraîner une sollicitation incontrôlée des soupapes du pressuriseur, alors que l'état de la chaudière devrait être contrôlé et stabilisé.

Au cours de l'instruction vous avez indiqué qu'il était possible de limiter le volume d'eau injecté dans le circuit primaire par la pompe EASu, tout en maîtrisant la réactivité, ce qui serait favorable à l'égard du risque précité et vous vous êtes engagé à justifier le caractère suffisant du volume injecté pour le contrôle de la réactivité.

### **A.2.3. Maîtrise du confinement**

En termes de maîtrise du confinement, la prescription [ECS-ND1] [3] impose que les stratégies prévues en « situations noyau dur » permettent, pour la prévention de la fusion du cœur, de refroidir le cœur et d'évacuer la puissance résiduelle hors de l'enceinte de confinement du bâtiment réacteur :

- d'une part en « *privilegiant le refroidissement par les circuits secondaires en conservant l'intégrité du circuit primaire principal* », lorsque le circuit primaire est pressurisable ;
- d'autre part en assurant « *l'isolement de l'enceinte de confinement et la prévention des situations de bypasse de la troisième barrière. Le noyau dur vise à préserver l'intégrité de cette barrière sans ouverture du dispositif d'éventage de l'enceinte de confinement* ».

La stratégie retenue par EDF repose sur un refroidissement par les circuits secondaires. Elle conduit toutefois à rompre momentanément l'intégrité du circuit primaire alors que celui-ci est pressurisable. Cette approche est acceptable. Par ailleurs, les évaluations que vous avez effectuées montrent que le confinement est assuré par l'isolement de l'enceinte, l'isolement des générateurs de vapeur et la conservation de l'intégrité de la première barrière.

## **A.3 Conduite progressive retenue pour le réacteur en puissance ou en arrêt normal sur les générateurs de vapeur**

La conduite progressive s'appuie sur l'utilisation, en cas de « situation noyau dur », des moyens d'injection d'eau borée à haute pression dans le circuit primaire et de la turbopompe du circuit d'alimentation de secours en eau des générateurs de vapeur (TPS ASG), s'ils sont fonctionnels. Cette conduite progressive serait proche des stratégies de conduite des situations de perte totale de la source froide (situations dites H1) ou de perte totale des alimentations électriques (H3) existantes.

Vous avez indiqué, dans le courrier en référence [10], que :

- les situations de perte de la source froide pour lesquelles le basculement vers la « conduite noyau dur » ne serait pas réalisé sont « *étudié[s] dans le cadre de chapitres dédiés du Rapport de Sécurité. La démonstration [de la maîtrise des trois fonctions fondamentales de sécurité] sera apportée dans le cadre de l'instruction de la VD4 900, à l'issue du réexamen de la conduite de la situation H1* » ;
- « *la conduite de la situation H3 est en cours de réexamen dans le cadre de la VD4 900. [...] La conduite progressive avec utilisation de la pompe RIS 011 PO dans le cadre d'une situation extrême valorisera la conduite H3 étudiée dans le cadre de ce réexamen.* »

Sur ce dernier point, l'ASN vous a demandé (demande n° 3 du courrier en référence [11]) de vous assurer que, à l'issue de la phase 2 de déploiement du noyau dur, vous soyez en mesure de gérer des situations H1 ou H3 affectant l'ensemble d'un site, pour les agressions du référentiel. Vous avez apporté des éléments de réponse [7] qui seront instruits par l'ASN.

#### **A.4 Stratégies retenues pour les autres états du réacteur**

Dans les domaines d'exploitation d'arrêt normal sur le circuit de refroidissement à l'arrêt (AN/RRA), et d'arrêt pour intervention (API), la concentration en bore du circuit primaire doit être supérieure à la concentration en bore d'arrêt à froid.

En l'absence de risque de criticité, la stratégie de « conduite noyau dur » est centrée sur l'évacuation de la puissance résiduelle par le circuit secondaire alimenté par l'ASGu pour les états dans lesquels le circuit primaire est pressurisable et par ébullition de l'eau primaire en maintenant un inventaire en eau suffisant dans les autres états.

Dans les domaines d'exploitation en arrêt pour intervention avec le circuit primaire entrouvert, les obturateurs de fond de piscine du bâtiment réacteur ne sont pas posés : l'eau s'échappant du circuit primaire s'écoule vers les puisards du bâtiment et peut être réinjectée dans le circuit primaire. Cette stratégie de conduite n'appelle pas de remarque à ce stade.

##### États non couverts

Vous considérez que les états d'arrêt pour intervention, lorsque la piscine du bâtiment du réacteur est pleine ou peut être remplie, ne sont pas à couvrir par le noyau dur étant donné, d'une part, le caractère très peu plausible des aléas considérés, d'autre part la durée cumulée très faible de ces états ou sous-états (de l'ordre de 1 % du temps par réacteur). Vous avez néanmoins présenté une analyse de faisabilité d'une conduite mettant en œuvre les dispositions du noyau dur afin de rétablir un appoint au circuit primaire et d'assurer l'évacuation de la puissance résiduelle.

La gestion de ces situations sur le long terme nécessiterait un appoint en eau borée dans la bache PTR. Vous vous êtes engagé à poursuivre [6] « *l'analyse des possibilités de conduite de ces états particuliers. [Vous viserez] à intégrer ces éléments de conduite dans les documents de conduite à l'occasion du déploiement du noyau dur.* »

#### **A.5 Injection de bore à haute pression**

Compte tenu des incertitudes exposées ci-dessus sur la chute de toutes les grappes de commande à la suite d'une agression « noyau dur », un moyen complémentaire de maîtrise de la réactivité, efficace dès le début du transitoire, permettrait de garantir le repli des réacteurs avec un haut niveau de confiance. Une disposition intégrée au noyau dur permettant d'injecter du bore à haute pression sur chaque réacteur pourrait assurer un tel apport d'antiréactivité efficace dès le début du transitoire et permettre notamment de compenser les effets de blocage des grappes (cf. demande A4).

Par ailleurs, une telle disposition présenterait de nombreux autres avantages :

- un gain en antiréactivité important dans les phases de l'accident où la pression primaire ne permet pas d'injecter du bore par les accumulateurs ou par la pompe EASu ;
- une stratégie de repli identique quelle que soit la concentration en xénon, lorsque la perte totale des sources électriques survient ; ceci permet notamment de couvrir les situations se dégradant progressivement ;
- l'amélioration de la gestion des situations de perte totale des sources électriques de site (hors « situation noyau dur ») en s'affranchissant des contraintes associées à la maîtrise de la réactivité.

L'instruction a montré, en considérant l'anomalie d'étude associée à la création d'une bulle sous le dôme, que le refroidissement conduit à un volume de contraction du fluide primaire limité. Cependant, si l'injection d'antiréactivité dans ce volume était suffisante, elle permettrait d'éviter dans la plupart des situations l'ouverture des soupapes du pressuriseur.

Compte tenu des nombreux avantages associés à une telle disposition, il convient d'envisager sa mise en œuvre sur les réacteurs de 900 MWe.

**Demande n° A7 : L'ASN vous demande de transmettre avant fin septembre 2019 l'étude des modifications envisageables sur vos réacteurs de 900 MWe afin d'injecter du bore alors que la pression dans le circuit primaire est élevée. Cette étude pourra valoriser différentes concentrations en bore et différents débits d'injection.**

**Vous analyserez les avantages et inconvénients des modifications envisageables et estimerez les délais de mise en œuvre.**

## **B) Stratégie de conduite retenue pour la piscine d'entreposage du combustible utilisé**

En « situation noyau dur », les stratégies de conduite visent à assurer le refroidissement, la sous-criticité et l'absence de dégradation des assemblages de combustible présents dans la piscine du bâtiment du combustible (BK) ainsi que dans la piscine du bâtiment réacteur (BR) lorsque les deux piscines sont connectées pendant les phases de chargement et de déchargement du combustible.

### **B.1. Hypothèses structurantes retenues**

Les stratégies de conduite que vous avez retenues pour gérer les « situations noyau dur » dans les piscines reposent sur plusieurs hypothèses structurantes relatives à l'état de l'installation après une agression « noyau dur ». Il s'agit en particulier :

- d'hypothèses relatives à l'intégrité des structures, systèmes et composants (SSC) considérés ;
- des risques induits par les inondations qui seraient susceptibles de se produire dans de telles situations dans le bâtiment réacteur ou dans le bâtiment du combustible.

#### **B.1.1. Intégrité des structures, systèmes et composants**

Vous considérez dans vos études d'accident que les piscines du BR et du BK ainsi que les circuits connectés aux piscines jusqu'aux premiers organes d'isolement sont robustes à l'agression et garantissent la préservation de l'inventaire en eau. Les études de robustesse permettant de confirmer cette hypothèse ne sont pas encore finalisées sur l'ensemble des équipements.

Vous avez également étudié le comportement des râteliers d'entreposage afin de vous assurer de la tenue de leurs fixations et l'absence de choc sur la peau d'étanchéité interne de la piscine BK. Les études ont montré la bonne tenue des fixations et l'absence de chocs pour les piscines des réacteurs de types CP0, CPY, P4 et N4. Toutefois, des compléments restent attendus concernant les piscines des réacteurs de type P'4.

**Demande n° B1 : L'ASN vous demande de transmettre, avant fin septembre 2019, la démonstration de l'intégrité et de l'étanchéité des piscines BR et BK et de l'ensemble des portions de circuit valorisées en « situations noyau dur » jusqu'à leur organe d'isolement, en cas de séisme « noyau dur » provoquant une perte prolongée de refroidissement. Cette démonstration à apporter sur l'ensemble des réacteurs devra notamment prendre en compte les interactions des râteliers d'entreposage avec les peaux métalliques d'étanchéité des piscines.**

Concernant le tube de transfert de certains réacteurs, vous envisagez une démonstration de l'absence de dommage sur cette tuyauterie en cas de séisme « noyau dur ». Dans l'hypothèse où votre démonstration s'appuierait sur une modélisation, celle-ci devra prendre en compte l'état réel de chaque tube de transfert considéré, et en particulier les éventuelles indications de corrosion au niveau des jonctions soudées et le centrage réel du tube dans son fourreau.

**Demande n° B2 : L'ASN vous demande, avant fin 2019, de prendre en compte l'état réel des tubes de transfert pour la vérification de leur tenue au séisme « noyau dur ». Vous justifierez les hypothèses introduites dans les modèles de comportement sous séisme en associant à votre démonstration les résultats des contrôles effectués *in situ*.**

De façon plus générale, vous n'avez pas intégré à ce jour les demandes formulées par l'ASN en juillet 2016 [12] relatives aux niveaux d'aléas à retenir.

**Demande n° B3 : L'ASN vous demande de présenter, avant fin septembre 2019, les résultats des études prenant en compte les demandes qu'elle a formulées concernant les aléas « noyau dur », sur la tenue des SSC valorisés pour la conduite « noyau dur » des piscines.**

### **B.1.2. Inondations induites**

Les principales sources d'inondations identifiées correspondent à :

- l'eau perdue par une fuite survenant sur une tuyauterie connectée aux piscines, avant son isolement automatique (l'isolement survient après la détection d'une baisse de niveau dans la piscine) ;
- le débordement d'une piscine par les vagues induites par le séisme ; cette eau est en partie récupérée par le système RPE ; des fuites peuvent ensuite survenir sur ce système et inonder d'autres locaux ;
- l'expansion thermique de l'eau des piscines à la suite de la perte de refroidissement ; les tuyauteries de trop pleins sont connectées au système RPE ; de la même façon, des fuites peuvent ensuite survenir sur ce système et inonder d'autres locaux.

Les équipements du noyau dur présents en partie basse du BK devront donc être conçus pour fonctionner en cas d'inondations induites par de telles fuites. À cet égard, vous vous êtes engagé [6] à ce que « *les études relatives à la conception et à l'installation du nouveau dispositif EASu et de la pompe Noyau Dur dans le Bâtiment Combustible prennent en compte les différentes possibilités d'arrivée d'eau en fond de BK afin de garantir son opérabilité dans les situations noyau dur. Ces arrivées d'eau portent sur le débordement de la piscine par les vagues induites par le séisme ou l'expansion thermique de l'eau suite à la perte de refroidissement, ainsi que les fuites constatées en exploitation normale sur la peau d'étanchéité de la piscine de désactivation.*

*Une arrivée d'eau en fond de BK due à une fuite en aval de la vanne PTR001VB n'est pas prise en compte car le circuit PTR est identifié comme SSC ND et qu'il sera à ce titre robuste au séisme ND.*

*Les éléments de justification de la robustesse de la pompe noyau dur à l'inondation interne du Bâtiment Combustible seront fournis pour la déclaration de la modification PNPP 1811 « EAS-u / pompe noyau dur » au 2ème semestre 2017 ».*

Les SSC du noyau dur ne comprennent pas l'ensemble des tuyauteries PTR connectées aux piscines. À cet égard, compte tenu de l'existence de tuyauteries non dimensionnées au séisme de dimensionnement sur le système PTR, l'ASN considère que des fuites survenant en aval des premiers organes d'isolement du circuit PTR jusqu'à leur isolement doivent être considérées en cas de séisme « noyau dur ». L'évaluation du volume d'eau perdu avant l'atteinte du niveau bas dans la piscine, entraînant l'isolement du circuit PTR, doit donc postuler des fuites sur l'une des tuyauteries connectées et, par conséquent, considérer la quantité d'eau associée susceptible de se retrouver dans les locaux situés en partie basse du BK.

**Demande n° B4 : L'ASN vous demande de démontrer, avant leur intégration, la qualification des équipements du noyau dur implantés en partie basse du BK, en considérant que des fuites ont pu survenir sur le circuit PTR, en aval des organes d'isolement, avant son isolement.**

Par ailleurs, une rupture de tuyauterie du système de collecte des effluents (RPE) est susceptible d'inonder le local de la vanne d'isolement du circuit de refroidissement de la piscine BK. Vous avez indiqué [6] que « l'isolement du collecteur RPE du hall BK sera rendu possible grâce à une modification matérielle déployée dans le cadre de la VD4-900 ». À cet égard vous avez indiqué que l'isolement du collecteur RPE permettrait en outre d'éviter une inondation des locaux présents dans les parties inférieures du BK par l'eau récupérée par le système RPE provenant, soit des condensats de la vaporisation de l'eau de la piscine dans le hall de la piscine BK, soit des trop-pleins de la piscine. L'eau serait alors réorientée vers les locaux adjacents au niveau du plancher de la piscine.

Toutefois, en fonction du délai nécessaire à cet isolement et de la localisation de la vanne d'isolement, un risque d'aspersion ou d'inondation de certains locaux associés à une fuite sur le circuit RPE devrait être considéré, en particulier pour ce qui concerne le local de la vanne d'isolement automatique de la ligne d'aspiration du circuit de refroidissement PTR. Sur ce point, vous avez indiqué que vous prendrez en compte l'aspersion de ce local dans le cadre des études relatives aux effets induits réalisées pour le quatrième réexamen périodique des réacteurs de 900 MWe [11]. Cet engagement est satisfaisant.

## **B.2. Stratégie de conduite retenue**

La stratégie de conduite des piscines BK et BR en « situation noyau dur » consiste à assurer un appoint en eau afin de compenser l'évacuation de la puissance résiduelle qui s'effectue par ébullition et évaporation. Cette stratégie nécessite l'ouverture vers l'extérieur d'un exutoire au niveau du hall de la piscine BK (et du BR si les deux piscines sont connectées) puis la mise en service de l'appoint ultime (SEG) à la piscine BK. Un appoint unique à la piscine BK permet de maintenir l'inventaire en eau dans les deux piscines si celles-ci sont connectées.

### Tube de transfert fermé

Compte tenu des risques de fuites sur certaines portions des circuits PTR, la démonstration de la possibilité d'atteindre et de maintenir durablement un état stabilisé dans les piscines en évacuant la puissance résiduelle du combustible entreposé ou manutentionné sous eau par ébullition doit reposer sur un isolement sûr de l'essentiel des circuits du système PTR connectés aux piscines. À cet égard, vous avez prévu, pour les réacteurs de 900 MWe, des modifications, répondant aux exigences du noyau dur, qui permettent l'isolement automatique de la ligne d'aspiration du circuit de refroidissement PTR et des lignes de filtration connectées à la piscine BR, ainsi que la vérification de l'intégrité des portions de circuits situés en amont. Vous vous êtes également engagé à étudier les risques associés aux fuites sur les circuits compte tenu des modifications que vous avez prévues.

**Demande n° B5 : L'ASN vous demande présenter, sous un an, les modifications et vérifications que vous comptez engager sur les réacteurs de 1300 MWe et de 1450 MWe, en cohérence avec la démarche mise en œuvre pour les réacteurs de 900 MWe.**

### Tube de transfert ouvert

Dans cette configuration, la stratégie de conduite consiste à régler le débit d'appoint afin de stabiliser le niveau d'eau des piscines au-dessus d'un seuil permettant d'éviter le débordement des piscines BR et BK. Un exutoire est ouvert côté BR et côté BK, afin de permettre un équilibre des niveaux. Le niveau de chacune des deux piscines est suivi à l'aide d'instruments de mesure faisant partie du noyau dur. Des vannes d'isolement des liaisons entre les circuits PTR et RRA sont ouvertes afin de permettre, à plus long terme, le refroidissement des deux piscines par le système de refroidissement mobile PTR bis.

L'eau du BK transférée vers le BR par le tube de transfert, bien qu'initialement borée, est lentement diluée par l'appoint en eau claire par le SEG au niveau de la piscine BK du fait des fuites de la piscine et de l'entraînement de bore dans la vapeur d'eau par primage. Pour pallier ce risque, vous envisagez la mise en place d'une unité de borication sous 4 à 5 jours après le début de la « situation noyau dur ».

De façon générale, votre stratégie repose sur le maintien en position ouverte de la vanne de transfert du tube de transfert entre les deux piscines. Vous vous êtes engagé au cours de l'instruction à examiner la robustesse mécanique de la vanne du tube de transfert dans le cadre de la démarche de vérification des SSC du noyau dur afin de s'assurer que son obturateur ne viendra pas obstruer le tube de transfert.

### **B.3. Hypothèses associées aux modélisations effectuées**

Plusieurs phénomènes physiques ont été étudiés afin d'assurer l'absence de dégradation des assemblages de combustible dans les « situations noyau dur » considérées :

- les conséquences d'une ébullition résultant d'une perte de refroidissement prolongée des piscines BR et BK, sous l'angle des risques de crise d'ébullition et de retour en criticité ;
- la possibilité d'évacuer la puissance résiduelle, quelle que soit la répartition des assemblages de combustible entre les piscines BR et BK, en arrêt pour rechargement (APR) avec tube de transfert ouvert, comprenant en particulier une vérification dans la situation où tous les assemblages sont en cuve ;
- les risques de dilution homogène et hétérogène dans les piscines BR et BK, résultant de l'injection d'eau non borée par l'appoint ultime associée à des pertes en eau des piscines ;
- les conséquences de la mise en œuvre de l'unité mobile de borication sur la répartition du bore et le risque induit de cristallisation du bore.

Vous avez apporté [6] des compléments sur les risques de criticité qui permettent de considérer que ce risque est écarté dans la piscine BK.

Pour la piscine BR, vous vous êtes engagé à transmettre des éléments complémentaires dont notamment les éléments permettant de valider l'acceptabilité du délai de mise en service de l'unité mobile d'injection d'eau borée (4 à 5 jours) :

- en considérant les situations de rupture d'un piquage de petit diamètre, non isolable et connecté à la piscine BR ;
- en transmettant des éléments complémentaires sur les mélanges permettant d'écarter le risque de criticité associé à la présence d'un bouchon d'eau claire.

## **C) Critères d'orientation vers la « conduite noyau dur »**

Vous reprenez deux critères pour l'orientation initiale vers la « conduite noyau dur » : « séisme ressenti + H1 » et « séisme ressenti + H3 ». À ce titre, l'ASN rappelle que vous vous êtes engagé [6], afin d'améliorer l'objectivité de ces critères, à étudier « *la définition d'un critère plus opérationnel que le ressenti des opérateurs en salle de commande pour définir l'occurrence d'un séisme majeur sur l'installation* ». La réponse à ces deux tests sera apportée par les opérateurs en s'appuyant, en partie, sur des moyens (instrumentation, contrôle commande...) faisant partie du noyau dur.

Vous prévoyez de placer ces tests au début du document d'orientation et de stabilisation (DOS) appliqué en cas d'accident.

Cette démarche ne prend toutefois pas en compte les situations où un séisme « noyau dur » n'entraînerait pas de façon instantanée une situation H1 ou H3. Les opérateurs sont alors orientés en conduite APE, malgré un séisme supérieur au dimensionnement. La conduite APE dans ces conditions d'agression sera identique à la conduite APE sans agression. Toutefois son efficacité ne sera pas garantie compte tenu de la situation hors dimensionnement. Vous prévoyez donc d'intégrer des tests de réorientation vers la « conduite noyau dur ».

Vous avez ainsi proposé :

- un critère de réorientation sur apparition différée des signaux H1 ou H3, sachant le ressenti du séisme ;
- un critère de réorientation associé au doute sur la disponibilité du contrôle commande normal (CCN) en intégrant un critère de surveillance de la cohérence entre la marge à la saturation de l'eau du circuit primaire utilisée par l'opérateur et celle obtenue en utilisant des moyens faisant partie du noyau dur ;
- un critère de réorientation par diagnostic fonctionnel détectant la perte de tout ou partie des équipements indispensables à la conduite dans l'APE et nécessitant le basculement en « conduite noyau dur ».

Par ailleurs, la conduite APE nécessite la disponibilité d'au moins un moyen d'injection de bore à haute pression. En cas d'indisponibilité de ces moyens il convient de basculer vers une stratégie de « conduite noyau dur » suffisamment tôt pour bénéficier de la marge d'anti-réactivité apportée par la présence du xénon. L'efficacité de cette injection en bore devrait donc être contrôlée par des moyens du noyau dur. De façon plus générale, l'ensemble des informations nécessaires à la réorientation vers la « conduite noyau dur » doit répondre aux exigences associées au noyau dur.

**Demande n° C1 : L'ASN vous demande de définir, avant fin septembre 2019, l'ensemble des critères retenus pour orienter ou réorienter les opérateurs vers la « conduite noyau dur », ainsi que les moyens associés (instrumentation, contrôle commande...). Ces moyens doivent appartenir au noyau dur. Vous veillerez à identifier dans ce cadre, les modifications à apporter aux règles générales d'exploitation, notamment au chapitre VI relatif à la conduite en situation d'accident.**

Concernant les piscines, vous disposez actuellement de moyens vous permettant de gérer des pertes d'intégrité et des pertes de refroidissement prolongé sur la piscine BK. En revanche, la conduite actuellement en vigueur ne permet pas de gérer une perte de refroidissement de longue durée de la piscine BR : dans les stratégies en vigueur actuellement, si un accident survient en phase de déchargement ou de rechargement du combustible, les piscines BR et BK initialement en communication seront isolées. Un appoint en eau sera alors réalisé dans la piscine BK mais aucune disposition équivalente ne sera mise en œuvre pour la piscine BR. Sur cette dernière, seuls l'inertie thermique et l'inventaire en eau initialement présent permettront d'éviter un découverture de combustible pendant les 24 premières heures. Vous avez prévu une évolution de cette stratégie de conduite lors de l'intégration de la phase 3 des dispositions du noyau dur consistant à mettre les deux piscines en communication, en ouvrant les deux bâtiments (BR et BK) vers l'extérieur pour les maintenir en équi-pression. Il sera donc nécessaire que des critères d'orientation vers l'une ou l'autre des deux stratégies de conduite - isolement des piscines en cas de perte de refroidissement de courte durée, maintien en communication dans le cas contraire - soient définis. Afin de permettre la réalisation des différentes opérations en local, ils devront être appliqués au plus tard dans les deux heures qui suivent l'événement initiateur et être basés sur une vérification de l'intégrité effective des deux piscines, sur une estimation de la durée prévisionnelle de la perte de refroidissement ainsi que sur les moyens d'appoint et de borication pouvant être utilisés.

À la suite de l'instruction, vous vous êtes engagé [6] à préciser dans le cadre de la rédaction de la règle de conduite associée à la mise en œuvre de la « conduite noyau dur », les critères d'entrée adaptés à la gestion des « situations noyau dur » affectant les piscines BR et BK. De surcroît, vous avez transmis à l'issue de l'instruction les dispositions de sûreté nouvellement introduites pour la conduite de la piscine BR. Ces éléments seront instruits par l'ASN.

## **D) Instrumentations prévues afin de mettre en œuvre ces stratégies**

Vous n'intégrez au noyau dur qu'une partie des informations relatives aux fonctions d'état du réacteur, lorsque celui-ci est initialement en puissance. Vous justifiez votre choix en indiquant que certaines informations d'état ne sont pas nécessaires à la mise en œuvre de la « conduite noyau dur ».

En particulier, le maintien de l'intégrité des circuits secondaires est surveillé, en application des règles de conduite APE, par les paramètres « activité GV » et « pression GV ». Or, seule l'information relative à la « pression GV » appartient au noyau dur. Dans la mesure où l'instrumentation utilisée en conduite APE pour mesurer l'activité du générateur de vapeur est requise pour diagnostiquer une brèche sur les tubes des générateurs de vapeur, cette instrumentation est également nécessaire en « situation noyau dur » pour identifier une défaillance de la deuxième barrière de confinement.

De plus, compte tenu de votre changement de stratégie (absence de conduite de type « givé ouvert » dans la solution finalement retenue) vous avez retiré du noyau dur les informations associées à l'activité de l'enceinte, qui participe à la surveillance du confinement de l'enceinte. Or, ce paramètre permet de caractériser l'état dégradé ou non de l'ambiance dans l'enceinte en cas d'inétanchéité de celle-ci<sup>2</sup> (cas où le tampon d'accès matériels est ouvert par exemple) et fournit des informations, utiles aux équipes de crise, sur l'activité présente (fonction de la taille de la brèche sur le circuit primaire et de la contamination de l'eau du circuit primaire). Ce paramètre constitue en outre un critère d'entrée en conduite « accident grave ».

Par ailleurs, vous ne retenez pas dans le noyau dur la mesure de niveau dans la cuve, rendant impossible la surveillance de l'inventaire en eau dans le circuit primaire. Si l'indisponibilité totale de la mesure de niveau de l'eau dans la cuve peut être compensée par une reconstitution et des considérations sur la marge à la saturation de l'eau présente dans le cœur, cette méthode n'est pas suffisante et devrait être complétée par d'autres informations.

Vous avez également fait évoluer la liste des éléments du noyau dur et considérez que les éléments suivants, utiles à la gestion de la situation de crise, ne font plus partie du noyau dur :

- les mesures de températures analogiques de la piscine BK et de la piscine BR ;
- la mesure analogique du niveau de la piscine BR.

Enfin vous n'avez pas intégré au noyau dur l'information relative à la puissance nucléaire, rendant impossible la surveillance de la sous-criticité.

Ainsi, en l'état actuel de définition de vos stratégies, si les informations que vous avez intégrées au noyau dur apparaissent suffisantes pour permettre la mise en œuvre de la stratégie de « conduite noyau dur », des informations complémentaires doivent être intégrées au noyau dur afin de permettre la connaissance de l'état global de l'installation par les opérateurs et les équipes de crise.

**Demande n° D1 : Dans la mesure où les informations fournies par ces équipements sont nécessaires à la connaissance de l'état de l'installation en cas de « situation noyau dur », l'ASN vous demande d'apporter la démonstration, avant fin septembre 2019, que la qualification des équipements permettant de disposer des informations relatives à l'activité des générateurs de vapeur, l'inventaire en eau du circuit primaire, la sous-criticité du cœur et l'activité à l'intérieur de l'enceinte de confinement satisfait les exigences applicables aux équipements du noyau dur. En cas d'impossibilité à apporter ces démonstrations, vous indiquerez les moyens disponibles pour disposer de ces informations en « situation noyau dur ».**

---

<sup>2</sup> Lorsque l'enceinte est étanche, un rejet dans l'enceinte entraînant une dégradation de l'ambiance se traduit par une montée en pression. Lorsque l'enceinte est inétanche, aucune montée en pression n'est observée : seule l'augmentation éventuelle en activité permet de détecter l'ambiance dégradée.

**Vous justifierez les raisons pour lesquelles vous n'avez pas retenu dans le noyau dur les mesures de températures analogiques de la piscine BK et de la piscine BR, ainsi que la mesure analogique du niveau de la piscine BR et vous indiquerez les moyens disponibles pour disposer de ces informations en « situations noyau dur ».**

**Demande n° D2 : L'ASN vous demande d'étendre la démarche d'identification de l'instrumentation nécessaire à la mise en œuvre des stratégies de « conduite noyau dur » à tous les domaines d'exploitation des réacteurs.**

## Références

- [1] Décision de l'ASN n° 2011-DC-0213 du 5 mai 2011
- [2] Décisions de l'ASN n° 2012-DC-0274 à n° 2012-DC-0292 du 26 juin 2012
- [3] Décisions de l'ASN n° 2014-DC-0394 à n° 2014-DC-0412 du 21 janvier 2014
- [4] Lettre CODEP-DCN-2015-017664 du 6 mai 2015
- [5] Lettre CODEP-MAE-2017-005635 du 8 février 2017
- [6] Lettre EDF - D455617016737 du 7 mars 2017 « GP FKS N°2 – Maitrise des accidents – Conduite du Noyau Dur - Positions et Actions EDF »
- [7] Lettre EDF - D455618002948 du 20 février 2018 « réponse à CODEP-DCN-2017-045997 demande n° 1 »
- [8] Lettre CODEP-DCN-2017-014451 du 19 juillet 2017
- [9] Lettre EDF - D455618098463 du 18 décembre 2018
- [10] Lettre EDF D305915019527 du 1<sup>er</sup> juillet 2016 : Éléments supports à l'élaboration de la conduite ND en APR.
- [11] Lettre CODEP-DCN-2017-045997 du 13 décembre 2017
- [12] Lettre CODEP-DCN-2016-016677 du 18 juillet 2016
- [13] Lettre EDF D455618002948 du 20 février 2018
- [14] Lettre EDF D305917013840 du 19 octobre 2017
- [15] Lettre EDF D455618025090 du 30 mars 2018
- [16] Lettre EDF D455618085654 du 23 octobre 2018