

Fontenay-aux-Roses, le 27 février 2019

Monsieur le Président de l'Autorité de sûreté nucléaire

Avis IRSN/2019-00041

Objet : EDF - Réacteurs électronucléaires de 900 MWe  
Demande d'autorisation de mise en œuvre du dossier d'amendement « DA  
VD4 900 Palier CPY PMOX »

Dossier d'amendement relatif à la gestion des situations H3 de tranche

Réf. [1] Saisine ASN - CODEP-DCN-2018-041087 du 26 septembre 2018.  
[2] Lettre ASN - CODEP-DCN-2012-037586 du 26 juillet 2012.  
[3] Avis IRSN n° 2015-00421 du 22 décembre 2015.  
[4] Avis IRSN n° 2019-00019 du 6 février 2019.  
[5] Avis du GPR - CODEP-MEA-2017-005635 du 8 février 2017.

En 2016, EDF a informé l'ASN d'une anomalie d'étude résultant de l'absence de vérification du contrôle de la réactivité du cœur des réacteurs nucléaires en exploitation dans les études des transitoires accidentels du domaine complémentaire<sup>1</sup>, en particulier ceux caractérisés par l'absence de moyen d'apport de bore<sup>2</sup> à haute pression du fait de l'indisponibilité supposée de l'injection de sécurité à haute ou moyenne pression, ainsi que du système de contrôle volumétrique et chimique du circuit primaire (RCV) et de l'injection aux joints des groupes motopompes primaires (IJPP). En effet, pour ces transitoires, la maîtrise de la réactivité n'a pas été démontrée lors des derniers réexamens de sûreté.

Afin de résorber cette anomalie pour les transitoires de perte totale des alimentations électriques internes et externes (PTAE), EDF a déposé, dans le cadre du quatrième réexamen périodique des réacteurs de 900 MWe du palier CPY, au titre de l'article 26 du décret n° 2007 1557 du 2 novembre 2007 modifié, un dossier d'amendement (DA VD4 900 CPY Phase A) ré-indiqué.

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 8 440 546 018

<sup>1</sup> Le but des études du domaine complémentaire est de vérifier que les dispositions complémentaires mises en œuvre pour couvrir les initiateurs internes chaudière non couverts par le dimensionnement conventionnel de base permettent de ramener le risque lié à l'exploitation de l'installation à un niveau jugé acceptable.

<sup>2</sup> Le bore est un absorbant neutronique dissous dans le fluide primaire.

Le « DA H3<sup>3</sup> » est la partie du DA VD4 900 CPY Phase A<sup>4</sup> qui regroupe les évolutions ayant trait aux transitoires de PTAE.

Les modifications matérielles incluses dans le DA H3 concernent le remplacement du turboalternateur de secours (TAS) du système de production de 380 V secouru (LLS)<sup>5</sup> par un diesel d'ultime secours (DUS) ainsi que le secours du DUS du réacteur par le DUS du réacteur apparié. Ces modifications peuvent être accompagnées de modifications temporaires du chapitre III des règles générales d'exploitation (RGE) si leurs réalisations le nécessitent.

Les modifications pérennes des chapitres III (spécifications techniques d'exploitation), VI (conduite incidentelle et accidentelle) ou IX (essais périodiques) des RGE liées aux risques de PTAE sont décrites dans le « DA H3 ». Elles sont applicables aux réacteurs nucléaires de 900 MWe du palier CPY exploités en gestion de combustible Parité - MOX (PMOX) à l'état technique VD3<sup>6</sup> et à l'état documentaire correspondant au palier technique documentaire (PTD) VD3. Les modifications du chapitre VI des RGE induites par la modification matérielle concernant le déploiement de la pompe EASu<sup>7</sup> sont également traitées dans le « DA H3 ».

Conformément à la demande de l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) citée en référence [1], l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN) a examiné l'acceptabilité sur le plan de la sûreté et, autant que possible, la suffisance des modifications prévues par EDF pour l'atteinte des objectifs du quatrième réexamen périodique des réacteurs nucléaires de 900 MWe. Pour les modifications intellectuelles, seule l'absence de régression induite par ces modifications a été vérifiée. Pour les modifications matérielles, l'IRSN a analysé la suffisance.

Les principales conclusions de l'expertise de l'IRSN sont présentées ci-dessous.

### **Remplacement du TAS LLS par le DUS**

Le TAS LLS est utilisé aujourd'hui dans les situations H3 pour réalimenter la pompe de secours de l'injection aux joints des pompes primaires (RIS 011 PO), dite pompe de test, en moins de 120 secondes<sup>8</sup> après le manque de tension sur le tableau LHA<sup>9</sup>, et réalimenter les informations et le contrôle-commande nécessaires à la conduite dans ces situations ainsi que l'éclairage en salle de commande. En raison, notamment, des difficultés importantes rencontrées lors de l'exploitation du TAS LLS qui induisent une mauvaise fiabilité de ce matériel, EDF prévoit son remplacement par le DUS. Cette modification consiste ainsi à substituer les arrivées électriques issues des sources du TAS LLS au niveau de l'armoire inter-réacteurs<sup>10</sup> LLS par une source issue de l'architecture électrique associée au DUS de chaque réacteur.

<sup>3</sup> Les situations dites H3 sont les situations de perte des tableaux électriques secourus LHA et LHB. Elles sont de deux types :

- la situation H3 qui correspond à la perte totale des sources externes et internes (PTAE) ;
- la situation DCC-LH qui correspond à une défaillance de cause commune des tableaux secourus LHA et LHB.

<sup>4</sup> EDF a structuré en deux phases le déploiement des modifications associées aux VD4 900. Les modifications « phase A » sont réalisées avant ou durant l'arrêt décennal VD4. Les modifications « phase B » sont réalisées au plus tard quatre ans après la VD.

<sup>5</sup> Le TAS LLS est actuellement utilisé pour réalimenter, notamment, la pompe de test RIS 011 PO qui assure l'injection aux joints des pompes primaires, nécessaire en situation PTAE pour garantir l'intégrité du circuit primaire lorsque la température primaire en branche froide ( $T_{BF}$ ) est supérieure à 190 °C et la pression primaire ( $P_{prim}$ ) supérieure à 45 bars.

<sup>6</sup> VD3 : troisième visite décennale.

<sup>7</sup> La pompe EASu est la pompe noyau dur (ND) qui, en situation H3, sert de moyen d'appoint au circuit primaire.

<sup>8</sup> Sous peine de défaillance de ces joints, pouvant entraîner soit une fuite soit une brèche sur le circuit primaire du réacteur.

<sup>9</sup> LHA : système de distribution de 6,6 kV secouru en voie A.

<sup>10</sup> Cette armoire est commune pour deux réacteurs appariés.

Actuellement, en cas d'indisponibilité du TAS LLS, l'armoire inter-réacteurs LLS peut être alimentée par le tableau commun LKI<sup>11</sup>. Ce basculement est automatique et permet de se substituer au turboalternateur LLS en cas d'indisponibilité de ce dernier. Cette source d'alimentation de l'armoire inter-réacteurs LLS n'est pas modifiée.

### Essais de requalification

Dans le cadre de la requalification de l'installation, les essais fonctionnels prévus par EDF comprennent notamment un essai de non-régression concernant l'alimentation de la pompe de test par le tableau commun LKI. Or, tel que prévu, cet essai ne permet pas de vérifier que la réinjection par la pompe de test s'effectue en moins de 120 secondes sur manque de tension des tableaux LHA et LHB et non démarrage du DUS. Compte tenu des modifications de la logique de réalimentation de la pompe de test dans le cadre de la VD4 et de l'importance de vérifier l'absence de régression concernant la possibilité de réalimenter la pompe de test par un tableau permanent dans le cas où il reste sous tension, **ce point fait l'objet de la recommandation n° 1 en annexe.**

### Compatibilité avec la charge maximale du DUS

#### *Puissance à fournir aux consommateurs*

Contractuellement, le DUS doit pouvoir fournir une puissance de 3050 kWe jusqu'à une température de l'air extérieur de 49 °C correspondant au pic du scénario canicule pour le site le plus pénalisant (Tricastin) majoré d'une incertitude de 3 °C. Cette puissance est très largement supérieure à la puissance demandée au TAS LLS, qui est de l'ordre de 80 kWe. En dehors de toute autre sollicitation, l'IRSN estime que le DUS est capable de se substituer au TAS LLS. Cependant, en phase A de la VD4 900, le DUS est également utilisé pour réalimenter partiellement le tableau LHA. Ainsi, en raison de la stratégie de conduite prévue par EDF pour gérer une situation H3, le DUS doit être en capacité de reprendre les fonctionnalités du TAS LLS mais également de réalimenter et ce, de façon simultanée, les matériels alimentés par le tableau LHA. Or, le bilan de puissance du DUS associé au scénario H3 le plus pénalisant en terme de consommateurs présente une marge très faible, égale à 2,7 %. À cette faible marge, s'ajoutent des incertitudes liées à des écarts constatés entre les données utilisées dans les bilans de puissance et les données provenant des dossiers de système élémentaire (DSE). Ces écarts sont de nature à remettre en cause la marge existante et donc la capacité du DUS à alimenter les matériels nécessaires à la conduite d'une situation H3 en phase A. Aussi, **l'IRSN considère qu'EDF doit vérifier la cohérence des données utilisées pour calculer les bilans de puissance des DUS. Ce point fait l'objet de la recommandation n° 2 en annexe.**

En phase B<sup>12</sup> de la VD4 900, le DUS aura également pour mission de réalimenter l'ensemble des matériels du noyau dur. À ce jour, il ne peut être exclu que le DUS doive réalimenter simultanément le tableau LHA et certains matériels du noyau dur qui ne sont pas aujourd'hui valorisés dans la phase A. Aussi, compte tenu de la faible marge affichée dans le scénario le plus défavorable, des incertitudes sur les bilans de puissance et des doutes sur la capacité du DUS à fournir sa puissance contractuelle en cas de température extérieure élevée, l'IRSN considère que la capacité du DUS à réalimenter des matériels supplémentaires à ceux d'ores et déjà valorisés dans la phase A n'est pas avérée. **À ce titre, EDF devra apporter une attention particulière à la charge du DUS lors de la définition de la stratégie de conduite des situations H3 en phase B. Le cas échéant, EDF devra prévoir des délestages supplémentaires.**

<sup>11</sup> LKI : système de distribution de 380 V normal.

<sup>12</sup> La phase B de la VD4 900 intégrera l'ensemble des dispositions faisant suite aux évaluations complémentaires de sûreté réalisées après l'accident de Fukushima.

### *Capacité du DUS à fournir sa puissance contractuelle*

La puissance contractuelle de 3050 kWe est assurée, d'après le motoriste du DUS, pour une température d'eau maximale admissible de 54 °C en entrée du réfrigérant d'air de suralimentation. Or, au regard des informations à sa disposition, l'IRSN estime que l'architecture du circuit de refroidissement du DUS ne permet pas de garantir cette température pour une température extérieure d'air de 49 °C. Cependant, dans le cadre d'expertises relatives au noyau dur [3] et aux agressions pour les VD4 900 [4], l'IRSN a considéré acceptable de retenir pour le DUS une température extérieure d'air maximale égale à la TLD<sup>13</sup> majorée de 3 °C, soit 39 °C dans le cas le plus défavorable (Tricastin). Pour démontrer que, dans ces conditions moins contraignantes que la température contractuelle de 49 °C, le DUS pourra développer en continu une puissance nette utile de 3050 kWe, **l'IRSN estime qu'il est nécessaire qu'EDF procède à des essais d'endurance dans des conditions de température extérieure élevée. Ces essais doivent être menés sur chaque DUS du palier CPY, pour prendre en compte les spécificités de site et les éventuels écarts de réalisation. Ce point fait l'objet de la recommandation n° 3 en annexe.**

### Diminution de la fréquence des essais de démarrage de la pompe de test (RIS 011 PO)

EDF prévoit de supprimer les essais trimestriels du TAS LLS, ce qui conduit à diviser environ par deux le nombre d'essais de démarrage de la pompe de test RIS 011 PO lorsque le circuit primaire est pressurisé. Pour EDF, cette réduction du nombre d'essais est acceptable car un seul démarrage par cycle de la pompe est nécessaire et suffisant pour montrer sa disponibilité.

L'IRSN rappelle que, pour les équipements en attente pendant le fonctionnement normal d'un réacteur, la probabilité d'échec à la sollicitation augmente avec la durée entre deux essais périodiques successifs. Or, la pompe RIS 011 PO est valorisée dans la démonstration de sûreté pour réduire de façon significative la probabilité de fusion du cœur dans certaines situations accidentelles. Son niveau de fiabilité ne doit pas être abaissé par l'augmentation de la durée entre deux essais. **Ce point fait l'objet de la recommandation n° 4 en annexe.**

### Risques de mode commun entre le DUS et les diesels de tranche

L'utilisation du DUS à la place du TAS LLS réduit la diversification technologique existante entre les groupes électrogènes actuels produisant le 6,6 kV secouru et la source ultime 380 V. Cette substitution induit des risques de défaillance par cause commune entre ces matériels qui peuvent être liés aux moteurs, aux fluides, aux circuits auxiliaires ou encore aux ressources humaines (réalisation des activités de maintenance).

Concernant les risques de mode commun liés aux fluides, la déclinaison pratique, au niveau des CNPE<sup>14</sup>, **des dispositions qu'EDF s'est engagé à prendre, garantira in fine l'absence de confusions entre les différents fluides (liquide de refroidissement, huiles de lubrification).**

Concernant les autres risques de mode commun, **l'IRSN estime que les dispositions prévues par EDF sont satisfaisantes.**

---

<sup>13</sup> TLD : température longue durée ; il s'agit de la température maximale de redimensionnement du référentiel « grands chauds ».

<sup>14</sup> CNPE : Centre nucléaire de production d'électricité

### Tenue au séisme du DUS

Tout comme le TAS LLS, le DUS doit rester fonctionnel après un séisme a minima de niveau SMS<sup>15</sup>. Or, certains patins d'appui du bâtiment des DUS actuellement en place sur les réacteurs du palier CPY présentent une non-conformité de fabrication. Celle-ci résulte de défauts constatés au niveau de l'élastomère des patins. En raison de cette non-conformité, l'IRSN estime qu'il est, à ce jour, impossible de garantir la tenue des bâtiments des DUS au séisme de niveau SMS, et *a fortiori* de niveau SND<sup>16</sup>, le DUS devant être capable de réalimenter à terme les équipements du noyau dur. Par conséquent, **l'IRSN estime que la conformité des patins du DUS est un préalable à la substitution du TAS LLS par le DUS.**

### Secours du LHC par le DUS de la tranche voisine

Le secours inter-réacteurs des DUS a pour objectif de permettre le secours du tableau normalement alimenté par le DUS par le tableau associé au DUS du réacteur voisin, ce secours étant réalisé uniquement par des actions en salle de commande. La modification consiste en l'installation d'un TPL<sup>17</sup> de commande du disjoncteur du tableau associé au DUS.

En cas de situation H3 avec échec du démarrage du DUS du réacteur accidenté, le DUS du réacteur voisin peut être utilisé pour réalimenter le tableau LHC 001 TB. Un départ électrique est alors forcé ouvert en manuel pour éviter la remise en service intempestive de la pompe de test RIS 011 PO en mode injection aux joints et ainsi éviter tout risque de coup de froid sur les joints des pompes primaires. EDF n'a pas prévu de tester cette fonction qui n'est pas valorisée, hors aléa, dans la démonstration de sûreté. Cependant, elle permet de relaxer la conduite à tenir définie dans les spécifications techniques d'exploitation en cas d'indisponibilité du DUS. En conséquence, l'IRSN estime qu'elle doit faire l'objet d'une vérification périodique au titre du chapitre IX des RGE. **Ce point fait l'objet de la recommandation n° 5 en annexe.**

### Modifications documentaires du chapitre III des RGE - spécifications techniques d'exploitation (STE)

#### Dispositions complémentaires

Dans le cadre du quatrième réexamen périodique des réacteurs de 900 MWe du palier CPY, la liste des dispositions complémentaires, c'est-à-dire spécifiques à la gestion d'une situation accidentelle non couverte par le domaine de dimensionnement conventionnel et nécessaires à la vérification probabiliste du niveau de sûreté de l'installation, retenues dans le rapport de sûreté (RDS) en version VD3 est revue sur la base de la nouvelle version des études probabilistes de sûreté (EPS) de référence du palier CPY (chaudière et piscine BK<sup>18</sup>). Les STE sont modifiées pour prendre en compte ces évolutions des EPS de référence et du RDS en version VD4.

Vis-à-vis des équipements d'ores et déjà retenus comme dispositions complémentaires, dont le seul rôle dans la démonstration de sûreté apportée en VD4 est de pallier les situations H3, l'IRSN estime acceptables du point de vue de la sûreté les modifications des STE proposées par EDF pour ces équipements, telles qu'amendées à l'issue de l'expertise, à l'exception des points détaillés ci-après.

<sup>15</sup> SMS : séisme majoré de sûreté. Le séisme majoré de sécurité (SMS) est défini en ajoutant conventionnellement 0,5 à la magnitude du séisme maximal historiquement vraisemblable (SMHV) ; Il est retenu pour le dimensionnement aux séismes des installations nucléaires. Le SMHV correspond au séisme le plus pénalisant susceptible de se produire sur une durée d'environ 1000 ans, évalué sur la base des séismes historiquement connus.

<sup>16</sup> SND : séisme noyau dur.

<sup>17</sup> TPL : tourner - pousser lumineux.

<sup>18</sup> BK : bâtiment combustible.

Le rôle de la pompe de secours de l'IJPP (RIS 011 PO) et de son armoire d'alimentation électrique (LLS 001 AR) serait d'assurer le secours de l'injection aux joints des pompes primaires, et donc le maintien de l'intégrité du circuit primaire, en situation H3 si celle-ci survenait en état RP<sup>19</sup> ou AN/GV<sup>20</sup> lorsque la température du circuit primaire est supérieure à 190 °C ou la pression est supérieure à 45 bar abs. À ce titre, l'indisponibilité de chacune de ces dispositions est, à ce jour, classée en groupe 1<sup>21</sup>. EDF prévoit, sous certaines conditions, leur déclassement en groupe 2 et présente des éclairages probabilistes en appui. L'IRSN considère que l'analyse d'EDF sous-estime l'importance pour la sûreté de ces équipements. Notamment, cette analyse ne tient pas compte du fait que ces équipements sont communs à deux réacteurs appariés et sont les seuls aptes à maintenir l'intégrité du circuit primaire. Par ailleurs, le temps de mission considéré par EDF pour les moyens d'appoint au circuit primaire en situation H3 sans IJPP est, pour plusieurs initiateurs de perte des sources électriques, bien inférieur à la durée plausible d'une situation H3. En conséquence, l'IRSN considère que le déclassement prévu par EDF n'est pas justifié au vu de la valeur repère d'accroissement du risque de fusion du cœur retenue par l'ASN [2]. **Ce point fait l'objet de la recommandation n° 6 en annexe.**

Dans les états RP à API-EO<sup>22</sup>, le rôle du coffret LNE 360 CR est d'alimenter électriquement les mesures nécessaires à la conduite des générateurs de vapeur (GV) dont l'alimentation en eau est assurée en situation H3 par la TPS ASG<sup>23</sup>. EDF identifie trois moyens pouvant assurer la réalimentation de ce coffret en cas de situation H3 : le DUS, le DUS du réacteur voisin et le coffret LNE du réacteur voisin. Pour l'indisponibilité simultanée des deux derniers moyens, EDF retient le classement en groupe 2 et pour l'indisponibilité simultanée de ces moyens et du GUS<sup>24</sup>, utilisé lui aussi en support à la fonction de refroidissement du circuit primaire dans certaines situations H3, EDF estime que le surcroît du risque de fusion du cœur engendré est suffisamment faible pour ne pas associer d'événement de groupe 1. Suite à son analyse, l'IRSN estime que certaines hypothèses des calculs d'EDF ne sont pas recevables. Ces aspects, ainsi que ses propres estimations, amènent l'IRSN à la conclusion que la quantification d'EDF sous-estime l'enjeu de sûreté du cumul d'indisponibilités du DUS du réacteur voisin, du coffret LNE du réacteur voisin et du GUS. **Ce point fait l'objet de la recommandation n° 7 en annexe.**

#### Informations nécessaires en conduite post-accidentelle

La liste des informations nécessaires en conduite post-accidentelle requises disponibles par les STE est complétée par celles utilisées pour la gestion des dispositions complémentaires H3 nouvellement introduites, à savoir l'appoint au primaire par l'EASu et la réalimentation électrique des mesures nécessaires à la conduite des GV.

L'IRSN estime acceptables du point de vue de la sûreté les modifications des STE proposées par EDF, telles qu'amendées à l'issue de l'expertise, à l'exception du classement en groupe 2 de l'indisponibilité de chacune des informations nécessaires à la mise en service de l'EASu ou à son passage en recirculation. En effet, à l'issue de l'expertise des modifications associées aux VD4 900, l'IRSN a conclu à la nécessité de classer en groupe 1 l'indisponibilité de l'EASu. Par conséquent, les informations nécessaires à la gestion de cette disposition complémentaire doivent bénéficier du même niveau d'exigences que la disposition complémentaire elle-même. **Ce point fait l'objet de la recommandation n° 8 en annexe.**

<sup>19</sup> RP : réacteur en production.

<sup>20</sup> AN/GV : arrêt normal sur les générateurs de vapeur (GV).

<sup>21</sup> En fonction de leur importance pour la sûreté, les indisponibilités sont hiérarchisées en événements STE de groupe 1 et de groupe 2. Une stratégie de repli vers un état plus sûr et des règles strictes de cumul sont associées uniquement aux événements de groupe 1. Dans ce groupe sont classées les non-conformités remettant en cause le respect des exigences et des hypothèses d'étude de la démonstration de sûreté. Les non-conformités qui défilabilisent une fonction importante pour la sûreté sont classées en groupe 2.

<sup>22</sup> API EO : arrêt pour intervention, circuit primaire entrouvert.

<sup>23</sup> TPS ASG : turbopompe de secours du système d'alimentation de secours des générateurs de vapeur.

<sup>24</sup> GUS : groupe électrogène d'ultime secours de site.

## Modifications documentaires du chapitre VI des RGE - « conduite incidentelle et accidentelle »

### État de repli

L'état de repli actuellement visé par les procédures de conduite en situation H3/DCC-LH avec le secours de l'IJPP est un état qui garantit l'intégrité des joints des GMPP sans injection à ces joints. La nouvelle stratégie de conduite prévue par EDF pour ces mêmes situations consiste à rejoindre une température branche froide de 240 °C et à stabiliser le réacteur à cette température tant que le tableau LHA n'a pas été récupéré. La motivation principale de ce changement est le contrôle de la réactivité pour ces situations.

L'IRSN estime que ce nouvel état de stabilisation ne peut pas être considéré comme un état de repli et comporte un risque de régression par rapport à la conduite actuelle au moins vis-à-vis du maintien de l'intégrité du circuit primaire. En effet, à cette température, l'intégrité du circuit primaire repose sur le bon fonctionnement de l'IJPP. Or, le risque de perdre l'IJPP est élevé du fait de la mauvaise fiabilité de la pompe de test. Pour cette raison, l'IRSN estime qu'EDF devrait viser une température de stabilisation inférieure à 200 °C, permettant de maintenir l'intégrité du circuit primaire, même sans injection aux joints des pompes.

EDF s'est engagé à étudier d'ici à mi-2019 la faisabilité d'un repli à 200 °C pour les situations H3 et DCC-LH demandant actuellement une stabilisation à 240 °C. L'IRSN estime que cet engagement est satisfaisant dans son principe mais constate qu'EDF a prévu d'appliquer pour la vérification de la maîtrise de la réactivité du cœur la méthode utilisée pour les cas de DCC-LH qui présente des relaxations significatives d'hypothèses d'étude par rapport à la méthode de calcul de marge d'arrêt en 3D (MAR-3D) approuvée par l'ASN. De plus, il n'existe pas de paramètre mesuré permettant de suivre l'évolution de la sous-criticité du cœur pendant les transitoires concernés. Par conséquent, **l'IRSN estime que cette méthode devra être consolidée et son usage limité aux cas les plus pénalisants pour lesquels la démonstration ne pourrait pas être apportée avec la méthode MAR-3D approuvée.**

### Critère temporel de 6 heures

En situation de DCC-LH cumulée à une petite fuite aux joints des pompes primaires du fait de la perte de l'IJPP, EDF identifie le besoin d'ouvrir une soupape du pressuriseur en cas de dégradation des paramètres physiques de l'installation afin d'abaisser suffisamment la pression pour que des moyens d'injection de bore puissent être mis en action. Ce besoin est mémorisé par l'opérateur 6 heures après la perte constatée de l'IJPP. Le critère temporel de 6 heures est issu des études support au rapport de sûreté qui considèrent une perte de l'IJPP à l'instant initial. En raison des hypothèses retenues pour la construction de ce critère, l'IRSN n'a pas la raisonnable assurance qu'il puisse couvrir l'ensemble des situations nécessitant l'ouverture d'une soupape et, notamment, les cas de pertes différées de l'IJPP. Ainsi, l'IRSN estime nécessaire qu'EDF renforce la robustesse des procédures de conduite en définissant un nouveau critère, en prévention du risque de retour en criticité, dont l'atteinte conduirait à la mise en œuvre des actions qui permettent in fine le contrôle de la réactivité avec le DUS. Ce critère devrait s'appuyer sur un phénomène physique tel que, par exemple, la suffisance de la quantité de bore injectée avant l'effacement du xénon<sup>25</sup>. **Ce point fait l'objet de la recommandation n° 9 en annexe.**

---

<sup>25</sup> Le xénon 135 est un absorbant neutronique produit dans le combustible dont la concentration varie suite à tout changement du niveau de puissance. En cas d'arrêt du réacteur, sa concentration augmente d'abord (on parle de pic xénon environ 7 heures après l'arrêt du réacteur) puis diminue ensuite rapidement. La concentration en xénon a un impact important sur la réactivité du cœur.

### Séquence de borication

Contrairement aux autres transitoires pour lesquels la conduite en APE<sup>26</sup> prévoit une séquence spécifique dédiée à la borication en cas de retour en criticité, la stratégie de conduite présentée par EDF pour gérer les situations H3/DCC-LH concernant un réacteur ne prévoit pas la réorientation vers une séquence spécifique dédiée à la maîtrise de la réactivité. L'objectif de cette stratégie est, pourtant, de résorber l'anomalie d'étude liée à la maîtrise de la réactivité. À ce titre, **l'IRSN estime, en cohérence avec la recommandation n° 1 formulée par le Groupe permanent d'experts pour les réacteurs nucléaires lors de la réunion FKS n° 2 « Maîtrise des accidents - conduite du noyau dur » [5], que les informations liées à l'état réel de la puissance nucléaire du cœur doivent être utilisées dans les situations H3/DCC-LH afin de mettre en œuvre les actions nécessaires à la maîtrise de la réactivité.**

### Moyen d'injection de bore à haute pression

La nouvelle stratégie de conduite prévue pour la gestion des situations H3/DCC-LH découle des difficultés rencontrées par EDF pour démontrer la maîtrise de la réactivité tout au long de ces transitoires. Ces difficultés ont conduit l'exploitant à faire des choix de conduite qui ne sont pas partagés par l'IRSN et qui font l'objet, notamment, de la recommandation n° 9 en annexe. En effet, l'IRSN souligne que dans la conduite H3 proposée par EDF, la pompe de test RIS 011 PO n'est plus uniquement utilisée pour préserver l'intégrité du circuit primaire mais a également un rôle vis-à-vis de la maîtrise de la réactivité. Or, le retour d'expérience récent montre une tendance à la dégradation de la fiabilité de ces pompes. De ce fait, une perte différée de l'IJPP pourrait s'avérer plus probable que sa perte à l'instant initial. Le recours à l'ouverture de la deuxième barrière serait alors nécessaire, ce qui n'est pas pleinement satisfaisant. **L'IRSN estime que le recours, qui a fait l'objet de la recommandation n° 2 du GPR Fukushima n° 2 « Maîtrise des accidents - conduite du noyau dur » [5], à un moyen d'injection haute pression déployé sur chaque réacteur, plus fiable que la pompe de test et assurant un apport de bore plus important, permettrait de s'affranchir du risque de retour en criticité du réacteur à long terme tout en autorisant le repli à une température inférieure ou égale à 200 °C garantissant l'intégrité des joints des pompes primaires sans injection et donc l'intégrité du circuit primaire.** Cela permettrait également de limiter les cas nécessitant l'utilisation de la pompe EASu en prévention de la fusion du cœur<sup>27</sup>, et de préserver ainsi l'indépendance des niveaux de défense en profondeur.

### Pompe H3.2<sup>28</sup>

La pompe H3.2 intervient comme moyen d'appoint au circuit primaire lorsque celui-ci est suffisamment ouvert en situation de perte des tableaux LHA et LHB. Ce dispositif déployé au titre de la phase 1 des mesures post-Fukushima étant provisoire, EDF prévoit de le remplacer par l'utilisation de la pompe EASu réalimentée par le DUS. Le débit EASu étant nettement supérieur, ceci implique une vidange plus rapide de la bache PTR<sup>29</sup> et, dans le cas où la piscine BR n'est pas remplissable, un passage en recirculation sur les puisards plus précoce. Dans ces états, le risque de colmatage des puisards est plus important en raison des chantiers potentiellement en cours. Cependant, le passage en API SO<sup>30</sup> se faisant avec une stratégie d'ouverture directe de la cuve, les cas où la piscine BR n'est pas remplissable sont rares. Par ailleurs, les risques de colmatage des puisards seraient limités, d'après EDF, par la

<sup>26</sup> APE : approche par état.

<sup>27</sup> Cette pompe étant également utilisée pour la mitigation des conséquences d'un accident avec fusion du cœur

<sup>28</sup> Pompe H3.2 : cette pompe, réalimentée par le groupe électrogène LLS, permet de mieux gérer des situations H3 de site avec le circuit primaire suffisamment ouvert. Ce dispositif provisoire a été déployé au titre de la phase 1 des mesures post-Fukushima.

<sup>29</sup> PTR : système de traitement et de refroidissement de l'eau des piscines.

<sup>30</sup> API SO : arrêt pour intervention, circuit primaire suffisamment ouvert.



nature et le volume des débris qui pourraient être présents dans le BR. Au regard de ces éléments, des difficultés d'exploitation et des risques de sécurité avancés par EDF lors de l'utilisation de la pompe H3.2, **l'IRSN estime que la suppression de la pompe H3.2 est acceptable sur les réacteurs du palier CPY.**

#### Valorisation de la pompe EASu lorsque le circuit primaire n'est pas suffisamment ouvert

Dans les états où le circuit primaire n'est pas suffisamment ouvert, il est nécessaire d'apporter un appoint en cas de perte des tableaux LHA et LHB. Aujourd'hui, le contrôle de l'inventaire en eau repose sur le RCV du réacteur accidenté si un tableau LH est remis sous tension, ou sinon sur le RCV du réacteur apparié. L'IRSN estime que le recours à l'EASu en substitution du RCV permettrait de pallier les situations particulières affectant l'ensemble du site pour lesquelles la réalimentation d'un tableau LH ne serait pas immédiate. **Ce point a fait l'objet d'un engagement de la part d'EDF.**

#### Isolement des accumulateurs RIS<sup>31</sup>

La nouvelle stratégie de conduite des situations H3/DCC-LH prévoit la réalimentation des vannes d'isolement des accumulateurs RIS par le DUS. Désormais, à l'atteinte du seuil de pression dans le circuit primaire de 15 bars relatifs, les accumulateurs RIS sont isolés pour éviter l'injection d'azote dans le circuit primaire. **L'IRSN estime qu'EDF doit justifier le seuil de 15 bars retenu, compte tenu notamment des incertitudes affectant son évaluation. EDF s'est engagé à le faire pour mi-2019.**

#### Conclusion

D'une manière générale, à l'issue de son analyse, l'IRSN estime que les modifications matérielles et intellectuelles du « DA H3 » prévues par EDF sont acceptables sur le plan de la sûreté sous réserve de la prise en compte des recommandations indiquées ci-dessus.

Concernant le remplacement du TAS LLS par le DUS, des évolutions doivent être apportées aux chapitres 3 et 9 des RGE et les essais de requalification doivent être complétés pour conforter l'absence de régression au plan de la sûreté. Cela fait l'objet des recommandations n° 1, 4, et 6. Les recommandations relatives à cette modification, formulées dans le cadre du DA VD4 900 doivent également être prises en compte. Vis-à-vis de la suffisance de cette modification, EDF doit démontrer l'aptitude du DUS à fournir la puissance requise de manière continue à la température de longue durée majorée de 3° et s'assurer de la validité du bilan de puissance au regard des données d'entrée utilisées. Cela fait l'objet des recommandations n° 2 et 3. Enfin, l'IRSN estime que la conformité sismique des patins du DUS est un préalable à la substitution du TAS LLS par le DUS.

Concernant le secours du LHC par le DUS du réacteur voisin, l'IRSN considère que la modification est acceptable au plan de la sûreté sous réserve de la réalisation d'un essai périodique et d'une évolution du chapitre 3 des RGE. Ces points font l'objet des recommandations n° 5 et 7.

Concernant les évolutions intellectuelles relatives à la conduite incidentelle et accidentelle des situations de PTAE, l'IRSN estime que la liste des informations nécessaires à la conduite post-accidentelle (ICPA) prévues dans le chapitre 3 des RGE n'est pas suffisante. Cela fait l'objet de la recommandation n° 8. Enfin, l'IRSN considère que la stratégie de conduite prévue par EDF pour résorber l'anomalie d'étude liée à la maîtrise de la réactivité n'est pas satisfaisante. Aussi, l'IRSN estime qu'EDF doit introduire un nouveau critère pour prévenir le risque de retour en criticité. Ce point fait l'objet de la recommandation n° 9.

---

<sup>31</sup> RIS : système d'injection de sécurité.

Nonobstant les compléments attendus d'EDF suite à ses engagements et les recommandations mentionnées en annexe, l'IRSN estime que le dossier d'amendement H3 et les modifications associées sont acceptables et permettent d'améliorer la gestion des situations de perte totale des alimentations électriques affectant un réacteur.

Pour le Directeur général et par délégation,

Olivier DUBOIS

Adjoint au directeur de l'expertise de sûreté

Annexe à l'Avis IRSN/2019-00041 du 27 février 2019

Recommandations

Recommandation n° 1 :

L'IRSN recommande que, au titre des essais de requalification de la modification, EDF réalise la séquence globale d'injection aux joints par la pompe RIS 011 PO alimentée par les tableaux permanents LKI sur manque de tension des tableaux LH et non-démarrage du DUS, en vérifiant que la réinjection s'effectue en moins de 120 secondes.

Recommandation n° 2 :

L'IRSN recommande qu'EDF vérifie la cohérence des données utilisées pour calculer les bilans de puissance des DUS du palier CPY. Le cas échéant, ces bilans seront réévalués et l'impact sur la capacité du DUS, en situation de perte totale des alimentations électriques, à réalimenter partiellement le tableau LHA et à se substituer au TAS LLS, sera analysé.

Recommandation n° 3 :

L'IRSN recommande qu'EDF procède, pour chaque DUS du palier CPY, à un essai d'endurance d'une durée de 24 heures par une température extérieure élevée. Cet essai sera à réaliser dès que les prévisions météorologiques annonceront des températures maximales de l'ordre de la température longue durée (TLD) du site.

Recommandation n° 4 :

Pour chaque paire de réacteurs, l'IRSN recommande qu'EDF maintienne, dans le cadre du DA VD4 900 phase A CPY, le nombre d'essais périodiques de démarrage de la pompe RIS 011 PO avec le circuit primaire pressurisé.

Recommandation n° 5 :

Dans le DA VD4 900 phase A CPY, l'IRSN recommande qu'EDF crée un essai périodique de réalimentation du tableau LHC par le DUS du réacteur voisin et un essai périodique du déclenchement du départ électrique alimentant l'armoire LLS 001 AR dans le tableau LUU 003 TB depuis le TPL ajouté sur le PSCC<sup>32</sup>.

Recommandation n° 6 :

Dans le DA STE VD4 900 phase A CPY, l'IRSN recommande que, en RP et en AN/GV, température primaire supérieure à 190 °C ou pression primaire supérieure à 45 bar abs, EDF maintienne en groupe 1, sans possibilité de déclassement, l'indisponibilité de la pompe RIS 011 PO et l'indisponibilité de l'armoire LLS 001 AR, en allouant à chacune de ces indisponibilités un délai maximal pour l'amorçage du repli dans l'état sûr de sept jours.

De plus, la condition limite des STE PTD n° 3 qui tolère l'indisponibilité de la pompe RIS 011 PO dans ces états du réacteur devra être étendue à l'armoire LLS 001 AR et une seule durée maximale, lors de laquelle l'un ou les deux matériels peuvent être rendus indisponibles, devra être définie et prescrite par les STE.

<sup>32</sup> Panneau de Signalisation et de Commande Complémentaire.

**Recommandation n° 7 :**

L'IRSN recommande que, dans le DA STE VD4 900 phase A CPY, un événement STE de groupe 1 soit associé aux indisponibilités cumulées du DUS du réacteur voisin, du coffret LNE 360 CR du réacteur voisin et du GUS, en allouant à ce cumul un délai maximal de sept jours d'amorçage du repli dans l'état sûr (si le réacteur est en RP ou AN/GV) ou de réparation (si le réacteur est dans un état allant d'AN/GV aux conditions de connexion du RRA à API-EO).

**Recommandation n° 8 :**

En RP et AN/GV au-dessus de 190 °C ou 45 bar abs, l'IRSN recommande que, dans le DA STE VD4 900 phase A CPY, les informations ICPA « Température BF », « Tension LHC » et « Niveau bêche PTR » soient associées à la liste des « informations ICPA spécifiques au domaine complémentaire du 1er groupe », sans possibilité de déclassement en groupe 2.

**Recommandation n° 9 :**

Afin d'améliorer la stratégie de conduite des situations H3/DCC-LH, l'IRSN recommande qu'EDF introduise, en prévention du risque de retour en criticité, un critère filet dont l'atteinte conduira à mettre en œuvre les actions nécessaires au contrôle de la réactivité (réorientation vers ECP4 pour injecter du bore par la pompe EASu après, si nécessaire, ouverture d'une LDP).