

Montrouge, le 23 décembre 2014

**Réf. : CODEP-DCN-2014-057768**

**Monsieur le Directeur  
Division Production Nucléaire  
EDF  
Site Cap Ampère – 1 place Pleyel  
93 282 SAINT-DENIS CEDEX**

**Objet : Réacteurs électronucléaires – EDF – Palier 1300 MWe  
Réexamen de sûreté associé à la troisième visite décennale des réacteurs (VD3 1300)  
Études de sûreté – Mise à jour de la démonstration de sûreté**

**Réf. :** [1] Avis CODEP-MEA-2014-047641 du 21/10/2014  
[2] Lettre EDF D305514080154 du 17/11/2014

Monsieur le Directeur,

Dans le cadre du réexamen de sûreté associé aux troisièmes visites décennales des réacteurs électronucléaires de 1300 MWe (VD3 1300), Électricité de France (EDF) a transmis à l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) des études génériques qui seront ensuite déclinées à chaque réexamen des réacteurs du palier, au fil de la programmation de leur troisième visite décennale.

Sur la base d'un rapport d'expertise préparé par l'IRSN à la demande de l'ASN, le groupe permanent d'experts chargé des réacteurs nucléaires (GPR) a notamment examiné les thèmes suivants des études génériques transmises :

1. les études des conditions de fonctionnement des réacteurs de 1300 MWe ;
2. les règles, méthodes et études d'accident du rapport de sûreté à l'édition VD3 ;
3. les conséquences radiologiques des accidents de dimensionnement.

A l'issue des réunions des 15 et 16 octobre 2014, le GPR a rendu à l'ASN son avis en référence [1].

Vous trouverez, en annexe du présent courrier, l'ensemble des demandes de l'ASN relatives aux études de sûreté mises à jour à l'occasion du réexamen VD3 1300, étant rappelé par ailleurs que des demandes particulières à certaines études vous ont déjà été transmises par ailleurs.

Ces demandes viennent en complément du respect de vos engagements transmis par courrier en référence [2].

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

Le directeur de la DCN,

**Thomas HOUDRÉ**

## Demandes de l'ASN

### **A. Absence de retour en puissance**

L'ASN a procédé à l'examen des études fournies dans le rapport de sûreté (RDS) VD3 et a notamment examiné les études liées aux incidents et accidents de réactivité. Elles concernent les événements déclencheurs de dilution, de retrait incontrôlé de groupe de régulation à puissance nulle (RIGZ), d'éjection d'une grappe de contrôle (EDG) et de refroidissement incontrôlé du circuit primaire.

L'ensemble de ces études permet de fixer les concentrations en bore nécessaires pour éviter tout retour en puissance pour les événements répertoriés ci-dessus en état d'arrêt à froid.

Dans les états d'arrêt à chaud, certains événements déclencheurs sont susceptibles de conduire à des retours en puissance. En effet, en état d'arrêt à chaud, l'absence de retour en puissance du réacteur n'est pas démontrée pour le transitoire de RIGZ. L'étude de RIGZ en état d'arrêt à chaud est considérée comme couverte par l'étude de RIGZ en attente à chaud, qui appartient pourtant aux états «réacteur en production», où la criticité est recherchée. L'ASN constate par ailleurs qu'une étude explicite de RIGZ en arrêt à chaud est réalisée pour les autres réacteurs d'EDF, avec comme objectif la détermination des concentrations en bore requises dans cet état de manière à éviter tout retour en puissance.

**Par conséquent, l'ASN vous demande de démontrer, avant le redémarrage du premier réacteur ayant subi sa visite décennale, que les concentrations en bore qui seront requises en état d'arrêt à chaud dans les spécifications techniques d'exploitation permettent d'éviter tout retour en puissance lors d'un transitoire de RIGZ.**

Par ailleurs, le RDS VD3 indique que :

- *« l'objectif de sûreté nucléaire est de prévenir, avec un degré élevé de confiance, les accidents dans les centrales nucléaires, à faire en sorte que pour tous les accidents pris en compte dans la conception de la centrale, même ceux de très faible probabilité, les conséquences potentielles, radiologiques ou non, soient de faible importance et à faire en sorte que la probabilité d'accidents graves avec conséquences importantes soit extrêmement faible » ;*
- cet objectif *« est atteint par la maîtrise des quatre fonctions fondamentales de sûreté liées aux accidents radiologiques »*, notamment la maîtrise de la réactivité.

Ainsi, pour les incidents de refroidissement de catégorie 2 amorcés en état d'arrêt, ayant une fréquence d'apparition modérée au cours de la vie d'une centrale, l'ASN considère qu'une exigence d'absence de retour en puissance devrait être intégrée aux exigences de sûreté déjà présentes dans le RDS VD3 afin de garantir cette fonction fondamentale de sûreté.

**Aussi, l'ASN vous demande, sous 6 mois, de lui transmettre une étude de faisabilité relative à l'ajout d'une exigence d'absence de retour en criticité pour les incidents de refroidissement de catégorie 2 amorcés en état d'arrêt.**

### **B. Chute de grappe**

La chute de grappe (CDG) fait partie des conditions de fonctionnement en catégorie 2 correspondants aux transitoires de fréquence modérée et, à ce titre, son étude figure dans le RDS VD3 1300. Cependant, deux anomalies d'études découvertes par EDF ont un impact sur cette étude : la première, déclarée en janvier 2013 par courrier référencé D4550.37-12/5571, porte sur l'évaluation de l'effet thermohydraulique, et la seconde, déclarée en juin 2014 par courrier référencé D455014021105, porte sur la mauvaise prise en compte des temps de retard du système de protection.

Cette dernière anomalie a un impact sur la nouvelle méthode de vérification de l'adéquation du seuil SA (qui doit être dépassé pour que l'arrêt automatique du réacteur par dérivée négative de flux neutronique en logique 1/4 soit effectif) proposée par EDF dans le cadre d'une refonte complète de cette partie. Ce point n'appelle pas, à ce jour, de remarque de l'ASN.

La première anomalie affectant l'évaluation de l'effet thermohydraulique touche principalement les cas de chute de grappes caractérisés par un refroidissement important du circuit primaire entraînant une extraction prolongée du groupe de régulation de température. Le caractère potentiellement pénalisant de ce type de transitoire est accentué par un comportement jugé inadapté de la régulation de la pression du pressuriseur (mise en service trop précoce de l'aspersion dans la phase de remontée en puissance). D'après les éléments transmis, en l'absence de modification, cette anomalie est susceptible d'avoir un impact significatif sur la fixation du seuil de surveillance en RFTC (rapport de flux thermique critique).

Le traitement de cette anomalie est, à ce jour, envisagé par EDF à l'échéance du lot B des VD3 1300 (c'est-à-dire de 2017 à 2023) et comprend, outre la reprise de l'étude de référence, une modification matérielle consistant à faire évoluer la régulation de pression primaire, ce qui devrait permettre, en bloquant la mise en service anticipée de l'aspersion, d'obtenir un effet thermohydraulique maximal associé aux transitoires lents comparable à celui des transitoires rapides.

L'ASN considère que le délai de correction définitive de cette anomalie est excessif et note qu'EDF n'a à ce stade prévu aucune mesure compensatoire en l'attente de la résorption de l'anomalie.

**L'ASN vous demande d'accélérer le déploiement de la modification matérielle correspondante actuellement prévue dans le cadre du lot B des VD3 1300. Vous informerez l'ASN du nouveau planning de mise en œuvre modifié permettant de respecter cette demande.**

**En outre, en l'attente du déploiement effectif de cette modification, l'ASN vous demande de mettre en place des mesures compensatoires visant notamment à adapter le bon dimensionnement des seuils de surveillance du RFTC pour les campagnes d'exploitation des réacteurs concernés jusqu'au traitement définitif de l'anomalie. Vous informerez l'ASN des mesures prises en ce sens.**

### **C. Incertitudes**

L'accident de rupture d'un tube de générateur de vapeur (RTGV) retenant comme aggravant le blocage en position ouverte de la vanne réglante de la motopompe du système d'alimentation en eau de secours des générateurs de vapeur (ASG) alimentant le générateur de vapeur (GV) affecté appartient aux accidents de catégorie 3, c'est-à-dire aux accidents de fréquence très faible. Cette étude, dite RTGV3, a été reprise dans le cadre du réexamen VD3 1300, d'une part du fait de l'évolution de la méthode d'étude (méthode déterministe réaliste dite MDR avec le logiciel de calcul CATHARE 2 dans sa version 2.5) et, d'autre part pour prendre en compte les modifications liées au plan d'actions « RTGV4 » (RTGV de catégorie 4, correspondant à un accident hautement improbable de rupture d'un tube de générateur de vapeur cumulée avec une soupape bloquée ouverte de ce générateur de vapeur) afin de réduire les conséquences radiologiques de cet accident.

L'analyse par l'ASN et son appui technique de la méthode MDR avec le logiciel de calcul CATHARE 2 dans sa version 2.5 appliquée au réacteur EPR de Flamanville 3 a mis en évidence que le caractère pénalisant de certaines hypothèses retenues (positionnement de la brèche, limites de validation du modèle de débit brèche, absence de prise en compte des incertitudes associées au modèle de débit brèche) n'est pas démontré et ne permet pas de garantir le conservatisme des études des transitoires de RTGV. Dans ce cadre, l'ASN a demandé à EDF, par lettre référencée CODEP-DCN-2014-022375 du 8 août 2014, « *de démontrer, à l'occasion de la transmission du dossier de demande d'autorisation de mise en service du réacteur EPR de Flamanville 3, le caractère conservatif des études [...] de rupture d'un tube de générateur de vapeur [...] réalisées avec la MDR et le logiciel CATHARE 2 dans sa version 2.5 en tenant compte des limites de validation de la version 2.5 du logiciel CATHARE 2* » ; il est demandé de tenir compte « *de l'absence de prise en compte des incertitudes sur les modèles physiques dominants et de la dépendance potentielle entre les paramètres dominants* ».

L'impact de la minimisation des pertes de charge sur le débit à la brèche n'est pas quantifié et ne peut donc pas pallier l'absence de prise en compte des incertitudes associées au modèle de débit de brèche, également non quantifiées. De plus, EDF n'a pas analysé la représentativité des essais exploités pour valider le modèle de débit de brèche, par rapport à une configuration de type RTGV en réacteur, et n'a pas procédé à une évaluation des incertitudes tenant compte des écarts observés entre le modèle et les mesures.

**Par conséquent, l'ASN vous demande, dans le cadre des études de RTGV de catégories 3 et 4, d'évaluer les incertitudes associées au modèle de débit à la brèche et de les prendre en compte dans ces études.**

#### **D. R1GP**

L'accident de retrait incontrôlé d'une grappe de régulation en puissance (R1GP) fait partie des conditions de fonctionnement de catégorie 3.

Cet accident a pour effet un accroissement de la puissance du réacteur, un échauffement du réfrigérant primaire et une déformation de la distribution de puissance autour de la grappe retirée vers le haut du cœur du réacteur, avec pour conséquences potentielles un endommagement des crayons de combustible. Les critères de sûreté à respecter sont alors un nombre restreint de crayons susceptibles d'entrer en crise d'ébullition (inférieur à 5 % du cœur) et une température maximale de gaine inférieure à sa température de fragilisation (température maximale des gaines inférieure à 1482 °C).

L'étude de l'accident de R1GP à court terme comporte deux parties : la première vise à fixer le facteur KAU (facteur multiplicatif retenu dans la conception du système de protection intégré numérique (SPIN) du réacteur permettant de rehausser un seuil de protection du cœur du réacteur) et la seconde à s'assurer du respect des critères applicables. Sur cette seconde partie, le choix des hypothèses a évolué de façon à être plus pénalisant. Ceci conduit alors à retarder la détection du transitoire par le SPIN, avec pour conséquence la possibilité d'un maintien prolongé de la crise d'ébullition pouvant engendrer une fragilisation des gaines des crayons de combustible.

Aussi, malgré le respect du critère de température maximale de gaine de 1482°C, une crise d'ébullition prolongée risque de conduire à ne pas respecter le critère de sûreté relatif à une absence de fragilisation des gaines des crayons de combustible.

**Compte tenu du manque d'efficacité possible du SPIN dans certains cas d'accidents de R1GP, l'ASN vous demande d'identifier les cas de R1GP susceptibles de conduire à un maintien prolongé de la crise d'ébullition de certains crayons du cœur et donc à une fragilisation des gaines. Le cas échéant, l'ASN vous demande de définir une modification matérielle permettant de prévenir ce risque et de proposer un échéancier de déploiement.**

#### **E. Risques de dilution du circuit primaire**

Différentes phases composent les accidents présentés dans les RDS VD3 1300. La phase C d'une étude d'accident commence à partir de l'instant de la première action manuelle et s'achève à l'atteinte de l'état sûr.

La phase C des études de dilution amorcée lorsque le réacteur est initialement en production doit permettre de démontrer que la conduite réalisée par les opérateurs permet la gestion adéquate de l'accident, en ramenant et maintenant le réacteur dans un état sûr, et que les moyens de borication mis en œuvre sont suffisants pour éviter tout retour en criticité.

Après examen des différents documents opératoires disponibles auprès des opérateurs, il apparaît que ceux-ci ne disposent que de fiches d'alarmes. Or, ces fiches d'alarmes ne sont pas intégrées dans les Règles Générales d'Exploitation.

En outre, pour l'étude de la phase C de tels transitoires, EDF s'appuie sur l'efficacité des actions relevant de la conduite normale. Ceci est contraire au principe de défense en profondeur selon lequel tout accident considéré dans la démonstration de sûreté suppose l'échec de la conduite normale, ce qui implique que l'atteinte et le maintien du réacteur dans l'état sûr relèvent de l'application des procédures de conduite incidentelle et accidentelle.

**L'ASN vous demande d'apporter, à une échéance compatible avec la mise en œuvre dans le lot B de la VD3 1300, pour l'étude d'accident de dilution homogène lorsque le réacteur est en production, une démonstration de sûreté qui s'appuie sur des actions demandées dans les procédures de conduite incidentelle et accidentelle.**

## **F. RTGV4**

Par courrier référencé CODEP-DCN-2011-006777 du 3 mai 2011 relatif aux orientations des études génériques à mener pour le réexamen de sûreté des réacteurs de 1300 MWe associé à leur troisième visite décennale, l'ASN vous a demandé de « *présenter les objectifs, les principes ainsi que les pistes techniques envisagées et retenues* » pour le plan d'actions visant à réduire autant que raisonnablement possible l'impact sur l'homme et l'environnement d'une rupture d'un tube d'un générateur de vapeur de catégorie 4 (dite RTGV4).

### **Études d'accident de RTGV dans le rapport de sûreté à l'état VD2**

- **Accident de RTGV étudié en catégorie 4**

L'accident de RTGV4 considère, en application de la règle de l'aggravant unique le plus pénalisant pour l'évaluation des rejets, le blocage mécanique en position fermée de la vanne de contournement vapeur à l'atmosphère (GCT-a) du GV affecté par la rupture. Le transitoire thermohydraulique associé conduit alors à des pressions du circuit secondaire de vapeur sollicitant l'ouverture de ses soupapes de sécurité.

A l'état technique VD2, dans un tel accident, le GV affecté se remplit totalement en eau, conduisant à un débordement en phase liquide au niveau des tuyauteries de vapeur. Les soupapes de sécurité du circuit secondaire se trouvent sollicitées en présence d'eau liquide. Ces soupapes n'étant pas qualifiées dans ces conditions, on postule qu'une soupape reste bloquée ouverte.

L'étude dans l'état technique VD2 conclut que l'arrêt des rejets est obtenu au bout de 8 heures et 20 minutes après le début de l'accident, ce qui conduit à environ 208 tonnes de rejets liquides et 170 tonnes de rejets sous forme de vapeur. L'étude a été effectuée à 2 % Pn (de puissance nominale), c'est-à-dire en attente à chaud, et à 102 % Pn. L'état à faible puissance (2 % Pn) est le cas le plus pénalisant. De plus, l'étude est également réalisée en considérant par convention un cumul avec une situation de manque de tension externe (MDTE) résultant d'un séisme et un temps de chute de grappe allongé.

- **Accident de RTGV étudié en catégorie 3**

L'accident de RTGV est également étudié comme accident de catégorie 3 en retenant un autre aggravant : le blocage en position ouverte de la vanne réglante de la motopompe ASG alimentant le GV affecté. Cet aggravant contribue à accroître le remplissage en eau du GV affecté et donc à maximiser la quantité des rejets liquides à l'atmosphère via le GCT-a jusqu'à l'arrêt de l'ASG et à l'isolement de la ligne vapeur du GV affecté par l'opérateur (délai de 35 min). L'état à faible puissance (2 % Pn) est le cas le plus pénalisant.

### **Études d'accident de RTGV dans le rapport de sûreté à l'état VD3**

EDF a engagé un plan d'actions visant à réduire les conséquences radiologiques d'une RTGV en limitant par des modifications matérielles (isolation automatique de l'alimentation du GV affecté) et des modifications de conduite les risques de sollicitation en eau et de blocage en position ouverte d'une soupape du circuit secondaire et donc de rejets d'eau sous forme liquide dans l'environnement.

Compte tenu de ces éléments, EDF considère que la sollicitation en eau des soupapes de protection du circuit secondaire dans le cadre de l'étude RTGV4 est évitée et qu'il n'est donc plus pertinent de postuler le blocage ouvert d'une soupape induit par l'aggravant constitué par le blocage mécanique en position fermée de la vanne du GCT-a. EDF considère donc que l'aggravant le plus pénalisant pour l'évaluation des rejets de l'accident de RTGV4 n'est plus le blocage du GCT-a mais le blocage en position ouverte de la vanne réglante de la motopompe ASG alimentant le GV affecté ; il n'y a donc plus aucune différence entre l'étude des accidents de RTGV3 et RTGV4 (même événement déclencheur et même aggravant).

En premier lieu, les marges présentées par EDF quant à l'absence de débordement en eau du GV affecté nécessitent d'être confortées au regard de la prise en compte des incertitudes associées au modèle de débit à la brèche (cf. demande C ci-dessus).

De plus, l'étude de l'accident de RTGV avec comme aggravant le blocage mécanique en position fermée de la vanne du GCT-a pourrait encore, dans certaines conditions particulières, conduire à une sollicitation en eau des soupapes du fait de phénomènes physiques difficiles à modéliser (comme le gonflement de l'eau surchauffée en présence d'une dépression créée lors de l'ouverture d'une soupape). Toutefois, s'il n'est pas possible de complètement exclure la possibilité que ces phénomènes difficilement modélisables se produisent, leur probabilité d'occurrence reste très faible.

**Ainsi, l'ASN considère, sous réserve que les marges au débordement en eau du GV affecté ne soient pas remises en cause par les incertitudes sur le modèle de débit à la brèche (cf. demande C ci-dessus), que l'étude de RTGV4 du rapport de sûreté à l'état VD2 pourrait être remplacée dans le rapport de sûreté à l'état VD3 par l'étude, dans le domaine complémentaire<sup>1</sup>, d'un accident de RTGV cumulé à la fois avec le blocage mécanique en position fermée de la vanne GCT-a et avec le blocage en position ouverte d'une soupape du fait de ces phénomènes incertains.**

Toutefois, la suppression de l'étude de RTGV4 du domaine de dimensionnement impliquerait la suppression de l'étude de RTGV cumulée avec une situation de MDTE, ce qui diminuerait la robustesse de la démonstration vis-à-vis de ce risque.

**Aussi, en cas de suppression de l'étude de RTGV4 du domaine de dimensionnement du rapport de sûreté et de son transfert dans le domaine complémentaire, l'ASN vous demande de conserver l'étude de RTGV3 du domaine de dimensionnement dans le rapport de sûreté et d'étudier également cet accident avec le cumul d'un MDTE.**

L'ASN vous demande par ailleurs de poursuivre l'étude des phénomènes thermohydrauliques actuellement difficilement modélisables (notamment le gonflement de l'eau) au niveau des tuyauteries vapeur en cas de RTGV et leur éventuel impact sur une sollicitation en eau des soupapes du GV affecté, y compris lorsque le GCT-a est disponible.

## **G. Spécifications radiochimiques**

L'examen du retour d'expérience disponible sur les réacteurs du palier de 1300 MWe montre que, depuis 2002, à la suite des améliorations apportées aux assemblages de combustible, les seuils actuellement fixés dans les spécifications radiochimiques applicables à ces réacteurs (seuil d'arrêt sous 48 h en équivalent <sup>131</sup>I et seuil d'interdiction de redémarrer ou de poursuivre le fonctionnement en puissance en équivalent <sup>131</sup>I) n'ont jamais été dépassés, avec de fortes marges.

---

<sup>1</sup> Une telle étude permettra ainsi, dans le cadre d'une approche réaliste proportionnée aux enjeux, d'évaluer la nécessité ou non de compléter le plan RTGV actuel d'EDF par des dispositions additionnelles.

Un abaissement des seuils en équivalent iode 131 dans les spécifications radiochimiques applicables aux réacteurs de ce palier permettrait :

- de détecter plus rapidement des ruptures de gaine de crayons de combustible ;
- de réduire l'activité des effluents en fonctionnement normal et les rejets correspondants ;
- de réduire l'impact radiologique des réacteurs en améliorant notamment la radioprotection lors des arrêts de réacteur pour maintenance ;
- de réduire les conséquences radiologiques des accidents ne conduisant pas à des ruptures de gaines de crayons de combustible lors des transitoires accidentels.

**Par conséquent, l'ASN vous demande d'abaisser les seuils en équivalent iode 131 des spécifications radiochimiques imposant l'arrêt du réacteur.**