

Fontenay-aux-Roses, le 13 juillet 2018

Monsieur le Président de l'Autorité de sûreté nucléaire

Avis IRSN/2018-00196

Objet : EDF - REP - Palier CPY - États techniques « VD3 » et « VD4 » - Palier 1300 - États techniques « VD2 » et « VD3 » - Palier N4 - État technique « VD2 » - Modifications PNPP i797 - Installation d'un boremètre sur la décharge RCV.

Réf : [1] Lettre ASN/DCN - CODEP-DCN-2018-006132 du 9 avril 2018.
[2] Décision ASN n°2012-DC-0318 du 27 septembre 2012.
[3] Lettre ASN CODEP-DCN-2012-039293 du 3 octobre 2012.
[4] Lettre ASN/DCN - CODEP-DCN-2012-039293 du 3 octobre 2012.
[5] Avis IRSN/2018-00004 du 8 janvier 2018.

En 2005, EDF a mis en évidence que les chaînes neutroniques niveau source (CNS) ne permettaient pas de détecter une dilution incontrôlée de l'acide borique contenu dans l'eau dans le circuit primaire en situation de cœur incomplet lorsque le réacteur était en arrêt pour rechargement du combustible. Cette insuffisance a conduit l'ASN à prescrire [2], sur tous les réacteurs en exploitation, l'installation d'un dispositif redondant, diversifié et indépendant du système de mesure de la concentration en bore existant sur le circuit d'échantillonnage nucléaire « boremètre REN ».

En réponse à cette prescription, EDF a décidé d'installer un boremètre sur la ligne de décharge du circuit de contrôle volumétrique et chimique (RCV).

Pour EDF, l'installation de ce « boremètre RCV » répond à la décision ASN ci-dessus, et contribue à la maîtrise de la réactivité en prévenant les accidents de criticité dus à une dilution homogène et incontrôlée d'acide borique dans le circuit primaire :

- dans les états d'arrêt pour rechargement (APR), sans distinction de l'état du cœur en termes de chargement en assemblages de combustible (cœur complet et incomplet) et d'arrêt pour intervention, pour les paliers CPY, 1300 MWe et N4 ;
- dans l'état d'arrêt normal, système de refroidissement du cœur à l'arrêt (RRA), tous groupes motopompe primaire (GMPP) à l'arrêt, pour le palier N4, au référentiel VD2¹, et le palier CPY, au référentiel VD4².

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

¹ VD2 : désignation commune du deuxième réexamen décennal des réacteurs nucléaires d'EDF

Conformément à la saisine de l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) [1], l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN) a examiné l'impact sur la sûreté de cette modification pour le palier CPY, aux états techniques « VD3 » et « VD4 », pour le palier 1300 MWe, aux états techniques « VD2 » et « VD3 » et pour le palier N4, à l'état technique « VD2 » déposée via les demandes d'autorisation de la part d'Électricité de France (EDF) au titre de l'article 26 du décret n° 2007-1557 du 2 novembre 2007 modifié.

L'analyse de l'IRSN a porté sur l'acceptabilité, en termes d'absence de régression sur le plan de la sûreté, de cette modification sur les différents paliers aux différents états techniques, ainsi que sur sa suffisance pour atteindre les objectifs de sûreté, en particulier en regard de la décision ASN [2]. Notamment, la conception de ce nouveau dispositif doit permettre de résoudre l'ensemble des anomalies actuelles affectant l'étude de dilution incontrôlée et tenir compte également de l'ensemble des demandes exprimées par l'ASN³ en 2012 [3].

Le « boremètre RCV » regroupe un dispositif de mesures neutronique et de température sur la ligne de décharge RCV du réacteur, ainsi que des matériels exploitant ces mesures, afin de permettre l'évaluation « en ligne » de la concentration en bore (Bore 10) du fluide primaire.

Le dispositif mis en œuvre, activé uniquement dans les domaines de fonctionnement où il est requis, permettra d'élaborer deux alarmes « dilution boremètre RCV voie A » et « dilution boremètre RCV voie B », basées sur un signal de franchissement à la baisse d'un seuil de concentration en bore, ainsi que des alarmes d'indisponibilité du boremètre.

Ces alarmes, repérées DOS⁴ en salle de commande, initient l'entrée en conduite incidentelle relevant du chapitre VI des Règles générales d'exploitation (RGE).

La prise en compte de ces alarmes par les opérateurs doit permettre d'isoler la source de dilution et d'effectuer les actions dans des délais garantissant le non-retour en criticité du cœur du réacteur. Afin d'effectuer ces actions d'isolement de la source de dilution, les opérateurs disposent d'un « délai opérateur », conventionnellement fixé à 20 minutes si l'intervention peut se faire depuis la salle de commande, ou de 35 minutes, si l'intervention doit se faire après déplacement en local sur l'installation.

Le seuil de concentration en bore qui dimensionne les alarmes est établi en cohérence avec les conclusions des études d'accidents de dilution homogène considérées pour la démonstration de sûreté au titre des conditions de fonctionnement de dimensionnement dans le rapport de sûreté.

S'agissant des matériels qui seront déployés sur les réacteurs, EDF a retenu plusieurs fournisseurs :

- l'un équipera les réacteurs de 900 MWe ;
- l'autre équipera les paliers 1300 MWe et N4.

Quel que soit le fournisseur retenu par EDF, le boremètre RCV est constitué d'un dispositif de mesure neutronique et de température du fluide, de deux unités de traitement, redondantes et indépendantes, et du contrôle-commande générant les alarmes renvoyées en salle de commande. Le fonctionnement du boremètre repose sur le principe de

² VD4 : désignation commune du quatrième réexamen décennal des réacteurs nucléaires d'EDF

³ Ces demandes concernent d'une part, la mise en œuvre de dispositions d'exploitation et d'organisation pour améliorer la sûreté dans l'état de réacteur en APR en situation de cœur incomplet, d'autre part, la reprise des études d'accident cœur incomplet, pour y intégrer deux systèmes de détection indépendants (en tenant compte des demandes formulées relatives aux études fournies à ce jour).

⁴ DOS : document d'orientation et de stabilisation de l'approche par états généralisée (APE).

mesure d'atténuation d'un faisceau de neutrons : les neutrons sont émis par une source neutronique à travers la tuyauterie RCV véhiculant le fluide primaire qui contient du Bore 10. Les neutrons thermalisés et non absorbés par le Bore 10 contenu dans l'eau de la tuyauterie sont mesurés par les détecteurs neutroniques : plus la concentration en bore est élevée, plus le nombre de neutrons absorbés est élevé, et donc plus le signal provenant des détecteurs neutroniques est faible.

Le dispositif de mesure neutronique et de température sera installé dans le bâtiment des auxiliaires nucléaires (BAN) sur la ligne de décharge RCV. Les équipements contenant les unités de traitement seront, quant à eux, installés dans les bâtiments électriques. Le traitement des signaux est réalisé par des unités de traitement redondantes, situées dans des locaux géographiquement séparés.

Analyse de l'IRSN

Architecture des boremètres

L'architecture des boremètres RCV, construite autour de deux voies de mesure indépendantes, est relativement simple et répond aux exigences du classement de sûreté C2⁵ du RCC-E (édition 2005). Les seules interfaces des boremètres avec le contrôle-commande existant concernant l'émission d'alarmes au moyen de liaisons standards. L'IRSN considère que cette architecture ne génère pas de risque de régression pour la sûreté sur la configuration actuelle du contrôle-commande.

Qualification fonctionnelle et environnementale

Le processus de développement des logiciels intégrés aux boremètres est conforme à l'état de l'art pour le classement de sûreté C2. La qualification fonctionnelle a été réalisée avec succès sur les deux modèles de boremètre et pour les différents types de tuyauterie où ils seront installés, soit par des essais réels, soit par simulation. Elle sera complétée par des essais de requalification in situ qui permettront de vérifier la précision et la plage de mesure des matériels en fonction de la température du fluide. Sur ce point, l'IRSN n'a pas de remarque.

Toutefois, vis-à-vis du respect des conditions de qualification du matériel lors de son exploitation, il s'avère que le boremètre des réacteurs du palier 900 MWe aurait pu être exploité en dehors de la plage de qualification de température du fluide. **À l'issue de l'instruction, EDF s'est engagé à déclarer indisponible ce boremètre lorsque les températures du fluide sont en dehors de ses plages de qualification, ce qui est satisfaisant et fait l'objet de l'observation n° 3 en Annexe 3.**

Démonstration de sûreté

Le principe de détection de la dilution en AN/RRA 0 GMPP⁶, API et APR repose sur le franchissement d'un seuil de concentration en bore à partir d'une mesure effectuée par le boremètre RCV. Ce seuil doit permettre d'assurer le respect des critères de sûreté, à savoir garantir la sous-criticité du cœur au moment de l'arrêt effectif de la dilution, pour l'ensemble des scénarios de dilution homogène. Pour assurer cette démonstration, EDF s'est appuyé sur une liste des scénarios historiques consolidée par la prise en compte des pratiques d'exploitation du parc. À l'issue de l'instruction et afin de conforter la liste des scénarios de dilution de référence, EDF s'est engagé à réaliser, à l'échéance de fin 2019, une analyse du retour d'expérience d'exploitation des situations de dilution homogène. **Cet engagement fait l'objet de l'observation n° 4 en Annexe 3.**

⁵ Le classement C2 correspond aux fonctions post-accidentelles manuelles et automatiques nécessaires, à moyen et long termes, après la phase à court terme gérée de façon entièrement automatique par le Système de Protection.

⁶ Le terme « 0 GMPP » signifie « aucun groupe motopompe primaire (GMPP) en service ».

Par ailleurs, EDF écarte de la liste susmentionnée, un certain nombre de scénarios sur la base d'un des trois critères suivants :

- Critère 1 : volume d'eau maximal injectable dans le primaire ne conduisant pas à un retour en criticité ;
- Critère 2 : fréquence d'occurrence du scénario ;
- Critère 3 : analyse détaillée de la conception des circuits et de leurs conditions d'exploitation.

L'IRSN n'a pas de remarque sur les scénarios exclus sur la base du critère 1.

En revanche, l'IRSN a estimé qu'EDF devrait revoir l'évaluation de la fréquence d'occurrence de deux scénarios exclus sur la base du critère 2, en tenant compte notamment des dépendances possibles entre erreurs humaines. **EDF s'est engagé sur ces aspects, ce qui l'objet des observations n° 5 et n° 6 en Annexe 3.**

En ce qui concerne l'exclusion de scénarios en application du critère 3, l'IRSN a estimé que des compléments de justifications ou la mise en œuvre de dispositions complémentaires d'exploitation étaient nécessaires pour les scénarios suivants :

- La dilution par la ligne de secours du RCV du réacteur apparié pour les réacteurs de 900 MWe ; outre les actions de surveillance en exploitation qu'il réalise et qui sont de nature à conforter l'exclusion de ce scénario, EDF s'est engagé à évaluer la fréquence d'occurrence de ce scénario à échéance de mi-2019, **ce qui fait l'objet de l'observation n° 7 en Annexe 3 ;**
- La dilution par appoint au tube d'équilibrage du joint n°2 des GMPP (pour les réacteurs de 900 MWe) ou par rinçage du joint n°3 des GMPP (pour tous les paliers) ; EDF s'est engagé pour ces scénarios à en évaluer la fréquence d'occurrence afin de justifier de leur exclusion, **ce qui fait l'objet de l'observation n° 8 en Annexe 3 ;**
- La dilution par le système RIS ; EDF s'est engagé à compléter sa démonstration du caractère acceptable de l'exclusion de ce scénario par une évaluation probabiliste à l'échéance de mi-2019, **ce qui fait l'objet de l'observation n° 9 en Annexe 3 ;**
- La dilution par injection d'eau SED au niveau des pompes RIS et REA bore ; pour ces scénarios de dilution, EDF s'est engagé à renforcer, dans les règles particulières de conduite, l'interdiction de réaliser les rinçages des pompes RIS et REA par le SED dans les états AN/RRA 0 GMPP, API et APR **ce qui fait l'objet de l'observation n° 10 en Annexe 3.**

EDF procède ensuite à la hiérarchisation des scénarios qui ne sont pas exclus par cette approche. Cette hiérarchisation est fonction du volume total d'eau claire injectée dans le circuit primaire durant chaque transitoire et s'appuie sur le ratio entre la concentration en bore atteinte dans le circuit primaire à l'arrêt effectif de la dilution (après l'évacuation du volume d'eau claire des lignes RCV⁷ chassée par la mise en service de la borication à la suite de l'isolement de la dilution, dit « volume de balayage ») et la concentration en bore dans le circuit primaire au moment de la détection de la dilution. Cette hiérarchisation dépend in fine principalement du temps de transit du fluide primaire entre le bas du cœur et le boremètre RCV, du débit de dilution et du volume de balayage. Sur le principe, l'IRSN n'a pas de remarque sur la méthode de hiérarchisation des scénarios retenus.

⁷ Sont concernés les tronçons parcourus par le débit de dilution avant isolement et situés entre le moyen de borication et le circuit primaire. L'évacuation totale de ce volume marque la fin de l'injection d'eau insuffisamment borée dans le circuit primaire.

Les scénarios de dilution finalement retenus pour la hiérarchisation peuvent être classés en deux catégories, suivant la manière dont l'eau insuffisamment borée est introduite dans le circuit primaire :

- Les dilutions consécutives à une fuite sur les échangeurs refroidis par le circuit RRI : les débits de dilution retenus par EDF n'appellent pas de remarque hormis pour les dilutions résultant d'une fuite par tube d'échangeur du circuit d'étanchéité des pompes primaires (CEPP), pour les paliers 900 MWe et 1300 MWe, dans les domaines de fonctionnement AN/RRA 0 GMPP. Pour ce type de fuite, dans ce domaine de fonctionnement et pour ces paliers, EDF prend en compte uniquement la fuite résultant de la fissure d'un tube d'échangeur CEPP, considérant que la rupture franche d'un tel tube, qui conduirait à un débit de fuite plus important, a un caractère fortement improbable. Pour l'IRSN, la fréquence d'occurrence de ce scénario le rend compatible avec sa prise en compte en tant que condition de fonctionnement de dimensionnement. Par ailleurs, ce scénario est retenu pour les réacteurs du palier N4 en AN/RRA 0 GMPP et dans les états APR/API de tous les paliers. Compte tenu du risque accru de retour critique pour ces situations, l'IRSN estime que le scénario de dilution par rupture franche d'un tube de l'échangeur CEPP doit être retenu au titre des études de dimensionnement et plus particulièrement pour le dimensionnement du boremètre RCV. Dans le cadre de la recommandation n° 1 de l'avis sur le réexamen VD3 1300 en référence [5], l'IRSN estime que le scénario de dilution homogène par rupture de tube de l'échangeur CEPP doit être considéré comme une condition de fonctionnement de référence dans les états RP et AN (avec et sans GMPP en service) sur le palier de 1300 MWe. **Ce sujet fait l'objet de la recommandation n° 1 en Annexe 2 en lien avec la modification « Boremètre RCV » sur les réacteurs de 900 MWe.**
- Les dilutions par introduction involontaire et inopportune d'eau insuffisamment borée à la suite, notamment, d'erreur de configuration de circuit ; pour ces dilutions, EDF retient deux types de scénarios :
 - les dilutions lors des opérations de maintenance des déminéraliseurs des circuits RCV ou TEP : pour ces scénarios, l'IRSN estime que le débit de dilution retenu lors de telles opérations est acceptable,
 - Les dilutions lors d'injection d'additifs chimiques : EDF retient pour ces scénarios un débit réduit (1,5 m³/h) en valorisant des organes de limitation de débit situés sur la ligne d'injection d'additifs chimiques. Or, aucun de ces équipements n'est soumis à contrôle périodique au titre du chapitre IX des RGE ou à un suivi d'exploitation spécifique. L'IRSN estime que ces organes de limitation de débit, valorisés dans la détermination des débits de dilution dimensionnant les études de sûreté, doivent être classés EIPS⁸ et bénéficier des requis appropriés dans les règles générales d'exploitation (RGE). EDF s'est engagé à analyser la possibilité de classer ces organes de limitation de débit et à analyser l'impact du classement de ceux-ci sur la documentation d'exploitation pour la fin 2019. **Cet engagement fait l'objet de l'observation n° 11 en Annexe 3.**

Par ailleurs, pour assurer le conservatisme de l'étude de dilution, un temps de transit maximisant les volumes d'eau dans les circuits traversés et minimisant les débits associés (débit RRA et débit RCV) doit être retenu par EDF. Or, l'instruction de l'IRSN a conduit à détecter au moins un volume sous-estimé, ce qui, même si cela ne remet pas en cause les conclusions finales des études, constitue une anomalie d'étude à corriger, ce qui amène l'IRSN à formuler l'observation n° 12 en **Annexe 2**. De même, la méthodologie employée par EDF pour évaluer le temps de transit ne permet pas de tenir compte de l'arrivée d'eau borée via les lignes de débit nul des pompes RRA (pour tous les paliers) et les lignes de purification RCV (pour les réacteurs de 900 MWe), **ce qui amène l'IRSN à formuler l'observation n° 13 en Annexe 2.**

⁸ EIPS : Élément Important Pour la Sûreté

Dans les études de sûreté, le « délai opérateur » est le délai considéré comme nécessaire avant la réalisation d'une première action d'un opérateur sur l'installation. L'ASN avait demandé [4] à EDF de démontrer que le délai opérateur forfaitaire du référentiel d'étude en vigueur (20 minutes pour les actions réalisées depuis la salle de commande et 35 minutes pour celles réalisées en local) est « *suffisant pour atteindre l'arrêt de l'augmentation de la réactivité (par valeur négative) à la suite de l'intervention de l'opérateur pour contrer la dilution du circuit primaire, en introduisant des conservatismes et des marges de sûreté à justifier* ». Cette situation relève, à cet égard, de l'application du référentiel « criticité » pour lequel il doit être démontré que « *le moyen de détection mis en œuvre doit garantir un temps suffisant à l'opérateur pour intervenir avant atteinte de la divergence* ». EDF signale que l'étude de dimensionnement de dilution homogène, qui fait intervenir de nombreuses données d'entrée indépendantes et toutes pénalisées, suit les règles d'études du rapport de sûreté, notamment les délais opérateur forfaitaires du référentiel d'étude. L'IRSN estime que la réponse d'EDF n'est pas suffisante. En effet, la particularité de ces accidents de dilution, notamment dans les domaines d'exploitation où les grappes sont totalement insérées, réside dans le fait que seule l'action de l'opérateur permet de mettre un terme à l'accident. Il est donc indispensable de s'assurer que l'opérateur dispose de suffisamment de temps pour intervenir avant l'atteinte de la criticité. L'IRSN a détecté au moins une situation pour laquelle il est hautement improbable que l'isolement de la dilution puisse être réalisé dans les 35 minutes retenues dans l'étude pour un isolement en local. Pour cette situation particulière, EDF a vérifié que les conservatismes de l'étude sont suffisants pour compenser ce délai supplémentaire et respecter le critère de sûreté. Néanmoins, l'IRSN souligne que le délai dont dispose l'opérateur dépend du scénario de dilution (et du lieu d'isolement de la source de dilution) et peut mettre en cause la hiérarchisation des scénarios. EDF affirme que la situation particulière mise en évidence par l'IRSN est unique et par conséquent, EDF ne souhaite pas vérifier de manière plus systématique le délai opérateur nécessaire pour réaliser les actions de conduite décrites dans le chapitre VI des RGE. Sur ce sujet, **l'IRSN formule en conséquence la recommandation n° 2 en Annexe 2.**

Enfin, dans le cadre de l'instruction progressive et anticipée de cette modification matérielle, l'IRSN a rappelé la nécessité de tenir compte de la demande de l'ASN s'inscrivant dans le cadre de la poursuite de fonctionnement des réacteurs et qui consiste à évaluer la sûreté de l'installation en considérant des délais opérateur plus longs (30 minutes en salle de commande et 1 heure lors d'une action en local), à l'identique de ceux considérés pour l'EPR de Flamanville 3. L'objectif mis en avant par l'ASN est que le niveau de sûreté des réacteurs du parc en exploitation tende, autant que faire se peut, vers celui de l'EPR. EDF n'a cependant pas souhaité étudier l'effet de cette augmentation du délai opérateur dans le cadre de cette instruction. L'IRSN a examiné, de son côté, les conséquences potentielles de l'augmentation des délais opérateurs sur les études de dilution pour lesquelles le boremètre RCV peut constituer une parade pertinente et a identifié des évolutions potentielles qui seraient de nature à permettre le respect du critère de sûreté malgré l'augmentation des délais opérateur. À cet égard, **l'IRSN formule la recommandation n° 3 en Annexe 2.**

Les autres conséquences de l'augmentation des délais opérateurs sur les études de dilution, dans des états du réacteur pour lesquels le boremètre RCV n'est pas utilisé seront traitées par l'IRSN dans un avis dédié à l'effet de la prise en compte des initiateurs et des délais opérateurs de l'EPR pour le parc en fonctionnement.

Aspects radioprotection des travailleurs :

Concernant la phase de travaux ayant pour objet l'installation du boremètre sur la ligne de décharge RCV, l'enjeu radiologique de l'activité est essentiellement dû au niveau d'exposition externe dans les locaux concernés par les interventions. **L'IRSN souligne à cet égard l'importance que la ligne RCV soit en eau afin d'assurer une protection biologique.** Par ailleurs, la prise en compte du retour d'expérience du premier réacteur de chaque palier

qui intégrera la modification permettra d'optimiser, au cas par cas, les évaluations prévisionnelles de doses collectives et individuelles pour la généralisation de la modification aux autres réacteurs.

Lors de l'exploitation des réacteurs, la présence du boremètre RCV dans les locaux du BAN induit des risques supplémentaires d'exposition de par la présence d'une source neutronique dans le dispositif. Sur cet aspect, EDF a d'ores et déjà prévu des renforcements spécifiques, notamment vis-à-vis des modalités d'accès au local d'implantation du boremètre. En complément, EDF a précisé, au cours de l'instruction, poursuivre l'étude de dispositions complémentaires, ce qui est satisfaisant.

Risque d'explosion interne

Pour le palier N4, le dispositif de mesure est installé dans un local traversé par des tuyauteries pouvant contenir de l'hydrogène et présentant des singularités. Si dans les états où le boremètre doit être en fonctionnement, ces tuyauteries sont généralement vides d'hydrogène, de l'hydrogène peut toutefois être présent lors de la requalification de la modification et lors des essais périodiques. Dans ces conditions, un risque d'explosion interne serait généré en cas de fuite par la présence de matériels électriques sous tension. Pour gérer ce risque, EDF a prévu la mise œuvre de mesures compensatoires supplémentaires. **Ce point fait l'objet de l'engagement d'EDF formulé dans l'observation n° 1 en Annexe 3. En outre, EDF s'est engagé à supprimer ce risque par le biais d'une modification matérielle d'ici 2022, ce qui fait l'objet de l'observation n° 2 en Annexe 3.**

Chapitre III des RGE

La détection d'une dilution homogène dans les états d'arrêt (APR, API et AN/RRA 0 GMPP) peut être effectuée, soit directement par une mesure de la concentration en bore sur la ligne de décharge RCV réalisée par le boremètre RCV, ou bien sur la ligne REN⁹ par une mesure réalisée par le boremètre REN.

Après sa mise en œuvre, le boremètre RCV, constitué de deux voies de détection indépendantes, constituera la première ligne de défense redondante pour la détection des dilutions homogènes dans les états APR, API et, pour certains paliers, en AN/RRA 0 GMPP. Le boremètre REN assure quant à lui une autre ligne de défense contre les dilutions homogènes. Les chaînes neutroniques de niveau source (CNS) quant à elles ne sont désormais plus valorisées pour les études de dilution homogène mais permettent toujours de surveiller le flux neutronique, notamment pendant les opérations de rechargement et déchargement du cœur.

Ainsi, l'évolution des rôles de ces différents moyens de détection d'une dilution conduisent à modifier le chapitre III des RGE au titre de la modification du boremètre RCV sur les paliers CPY, 1300 MWe et N4 : de nouveaux « événements RCV » ont été ajoutés en considérant l'indisponibilité partielle ou totale des sondes de température ou des alarmes associées sur chacune des voies du boremètre RCV et les événements existants REN (boremètre actuel) et RPN (requis sur les CNS) ont évolué en conséquence. Notamment, l'indisponibilité des deux voies du boremètre RCV fait l'objet d'un événement de groupe 1¹⁰ et la perte du boremètre REN fait désormais l'objet d'un événement de groupe 2.

Les Dossiers d'Amendement (DA) des STE relatifs à la modification introduisent une prescription particulière (PP) en cas de débit dans la ligne de décharge RCV inférieur au débit requis, voire nul. En effet, dans cette situation, le boremètre RCV devient indisponible, notamment en raison du temps de transit considéré dans l'étude de sûreté qui n'est plus garanti.

⁹ REN : système d'échantillonnage nucléaire.

¹⁰ Le groupe 1 rassemble les événements impliquant les hypothèses de conception importantes pour la sûreté, les systèmes d'arrêt et de sauvegarde du réacteur, alors que le groupe 2 concerne les événements qui peuvent compromettre le contrôle, le diagnostic ou la conduite à suivre en cas d'anomalie.

Cette prescription distingue deux cas de situations d'exploitation du réacteur :

- les opérations d'exploitation normale conduisant à réduire le débit de décharge ;
- les transitoires et le fonctionnement en plage très basse de fonctionnement du RRA (PTB du RRA) pouvant conduire à annuler le débit de décharge.

Actuellement, c'est-à-dire avant la mise en place du boremètre RCV, les durées d'interruption du débit de décharge RCV ne sont pas préjudiciables car aucun événement RCV n'est posé en API, APR et AN/RRA 0 GMPP. Ainsi, les opérateurs peuvent interrompre le débit de décharge RCV lors de la conduite normale autant que de besoin. La prescription particulière, introduite par les DA STE relatifs à la modification, définit des mesures palliatives à mettre en œuvre dans ces situations pour prévenir et détecter une dilution.

Bien que ces moyens de substitution puissent permettre de détecter suffisamment tôt une dilution homogène, il n'en demeure pas moins que ces moyens et leurs alarmes associées ne peuvent être valorisés dans la démonstration de sûreté au même titre que les alarmes associées au boremètre RCV, du fait de l'absence de suffisance des exigences de sûreté que peuvent présenter ces moyens. Ainsi, l'IRSN estime que l'indisponibilité de la ligne de décharge rendant indisponible les deux voies du boremètre RCV doit relever d'une condition limite¹¹(CL) et non pas d'une prescription particulière. De plus, selon l'IRSN, l'exploitation devrait être adaptée à cette nouvelle exigence de disponibilité du boremètre RCV. Bien qu'EDF se soit fixé comme objectif d'optimiser les actions de conduite afin de minimiser, voire de supprimer, ces phases d'interruption, dans l'attente d'une éventuelle démonstration de sûreté relative aux situations d'exploitation dans lesquelles le débit requis dans la ligne de décharge n'est pas respecté, **l'IRSN considère que l'application d'une condition limite est justifiée et formule en conséquence la recommandation n° 4 en Annexe 1**. Si toutefois des opérations d'exploitation, de courte durée, s'avéraient indispensables pendant les phases où le débit RCV n'est pas suffisant pour considérer le boremètre RCV comme disponible, ces opérations pourraient être autorisées dans le cadre de cette condition limite.

Concernant les délais de réparation en cas de perte des deux voies du boremètre RCV et du boremètre REN (ce qui correspond à la perte totale de la surveillance continue de la concentration en bore), l'IRSN considère qu'une réparation plus rapide que 24 heures (délai initialement prévu par EDF) doit être visée. EDF a pris l'engagement de réduire le délai de réparation de 24 heures à huit heures en cas d'indisponibilité concomitante du boremètre REN et des deux voies du boremètre RCV. **L'IRSN considère que cet engagement, qui fait l'objet de l'observation n° 15 en Annexe 3, est acceptable.**

Par ailleurs, l'instruction a également conduit EDF à s'engager à faire évoluer le chapitre « Généralités » des DA STE des paliers pour lesquels le boremètre RCV est utilisé dans l'état AN/RRA 0 GMPP (**observation n° 14 en Annexe 3**) ainsi que la définition de l'indisponibilité des boremètres RCV (**observations n° 16 et n° 17 en Annexe 3**) et du boremètre REN (**observation n° 18 en Annexe 3**).

¹¹ Une condition limite tolère le fonctionnement du réacteur non en conformité stricte avec une prescription. Cette condition limite ne doit être utilisée que le temps nécessaire à la réalisation des impératifs d'exploitation (conduite - maintenance - contrôle). Aux conditions limites peuvent être associées des mesures palliatives qui doivent être respectées. La gravité de la situation vis-à-vis de la démonstration de sûreté implique la comptabilisation d'un événement de groupe 1 lors de l'utilisation d'une condition limite.

Une prescription particulière autorise le fonctionnement non en conformité stricte avec une prescription générale. Il s'agit d'une variante pour laquelle la démonstration de sûreté est assurée. À une prescription particulière peuvent être associées des conditions d'application qui doivent être respectées.

Enfin, la prescription particulière, déjà existante, relative à la position des grappes en AN/RRA et AN/GV, dont un des objectifs est de pallier un arrêt automatique du réacteur inefficace lors des phases de redémarrage, valorise toujours l'alarme « flux élevé à l'arrêt » réputée en anomalie. L'IRSN rappelle que, à la suite de la déclaration de l'anomalie qui concerne les situations particulières en arrêt normal pour lesquelles les grappes ne sont pas formellement requalifiées, l'ASN a demandé d'étudier « *les apports de la modification matérielle destinée à faire face à la situation en cœur incomplet sur la prévention d'un accident de criticité faisant suite à une dilution pour tous les états d'arrêt* ». L'IRSN considère que la modification proposée par EDF ne répond pas à cette demande de l'ASN pour certaines des situations pour lesquelles les grappes ne sont pas formellement requalifiées. **Ainsi, en l'absence de démonstration de sûreté vis-à-vis du risque de dilution dans ces situations particulières, ces situations devraient relever d'une condition limite. Ce point fait l'objet de la recommandation n° 5 en Annexe 2.**

Chapitre VI des RGE

L'IRSN a examiné les évolutions du chapitre VI (conduite incidentelle et accidentelle) des RGE prévues par EDF au titre de la modification du boremètre RCV sur les paliers CPY, 1300 MWe et N4.

Du point de vue de la gestion d'une dilution homogène du circuit primaire, ces modifications apportent une amélioration compte tenu d'une part, de l'ajout de nouveaux critères qui permettent l'identification d'une dilution, d'autre part, de l'évolution dans la gestion des actions d'isollements des sources de dilution.

Toutefois, l'IRSN estime que compte tenu de la disponibilité de l'alarme REN « Teneur en bore anormale » sur le palier 1300 MWe et sur le palier N4, EDF devait ajouter un critère d'entrée en conduite incidentelle et accidentelle pour gérer une dilution homogène qui s'appuie sur cette alarme, comme cela est déjà fait sur les réacteurs de 900 MWe. EDF s'est engagé à modifier en ce sens la documentation d'exploitation des paliers 1300 MWe et N4. **L'IRSN considère que cet engagement qui l'objet de l'observation n° 19 en Annexe 3, est satisfaisant.**

Par ailleurs, l'instruction a également conduit EDF à s'engager sur la mise en place d'améliorations des procédures de conduite du chapitre VI des RGE, **objets des observations n° 20, n° 21 et n° 22 en Annexe 3, qui sont satisfaisantes.**

Chapitre IX des RGE

L'IRSN a examiné les évolutions du chapitre IX des RGE prévues par EDF au titre de la modification du boremètre RCV sur les paliers CPY, 1300 MWe et N4. Les nouveaux matériels du boremètre installé sur la décharge RCV, étant classés EIPS, font l'objet de nouveaux essais périodiques (EP). D'autres EP ont été modifiés afin de prendre en compte les amendements au chapitre III des RGE associés à la modification. **Ces évolutions, complétées lors de l'instruction par les engagements qui font l'objet des observations n° 23, n° 24, n° 25 et n° 26 en Annexe 3, sont satisfaisantes.** Toutefois, l'IRSN estime que le sujet suivant doit être pris en compte.

Le capteur de débit de décharge RCV fait déjà l'objet d'un essai périodique de validation dans le référentiel applicable. Toutefois, pour les paliers CPY et 1300 MWe, il est associé à un critère de groupe B contrairement aux paliers CP0 et N4 où il est de groupe A¹². EDF a justifié le critère de groupe B de par l'utilisation de cette mesure de débit uniquement pour générer l'alarme « boremètre indisponible », non directement valorisée dans la démonstration de sûreté. L'IRSN souligne que, dans les STE, une valeur numérique minimale du débit de décharge

¹² Sont classés en groupe A, les critères d'essais dont le non-respect met en cause directement un ou plusieurs objectifs de sûreté. Sont classés en groupe B, les critères d'essais dont l'évolution est caractéristique de la dégradation d'un équipement ou d'une fonction sans que pour cela ses performances ou sa disponibilité soient, après analyse, systématiquement remises en cause. Le non-respect de ce critère ne compromet pas directement les objectifs de sûreté.

est mentionnée dans la définition de la disponibilité du boremètre STE dont l'indisponibilité peut générer un évènement de groupe 1. À ce titre, la vérification de la validation du capteur de débit de décharge RCV doit être affecté d'un critère de groupe A au titre du chapitre IX des RGE pour tous les paliers. **Ce point fait l'objet de la recommandation n° 6 en Annexe 1.**

Conclusion

Sous réserve de la prise en compte des recommandations de l'annexe 1 et des engagements d'EDF préalables à la mise en œuvre du dossier de modification en annexe 3, l'IRSN estime acceptable sur le plan de la sûreté le dossier de modification, tel que déclaré par EDF, relatif à la mise en place d'un « boremètre RCV » sur les réacteurs des paliers CPY, 1300 MWe et N4.

Par ailleurs, l'IRSN formule, en Annexe 2, des recommandations nécessaires à la démonstration de l'atteinte des objectifs de sûreté, en particulier en regard de la décision ASN n° 2012-DC-0318 du 27 septembre 2012 [2].

Pour le Directeur général et par délégation,

Franck BIGOT

Adjoint au Directeur de l'expertise de sûreté

Annexe 1 à l'Avis IRSN/2018-00196 du 13 juillet 2018

Recommandations nécessitant des évolutions du dossier déposé en préalable

Recommandation n° 4 :

L'IRSN recommande que les situations d'exploitation conduisant à ne pas respecter le débit requis dans la ligne de décharge du circuit de contrôle volumétrique et chimique relèvent d'une condition limite des spécifications techniques d'exploitation plutôt que d'une prescription particulière.

Recommandation n° 6 :

L'IRSN recommande que, pour les paliers CPY et 1300 MWe, la validation du capteur de débit de décharge RCV soit affectée d'un critère de groupe A au titre du chapitre IX des RGE.

Annexe 2 à l'Avis IRSN/2018-00196 du 13 juillet 2018

Recommandations et observations nécessitant des évolutions du dossier déposé afin de valider l'atteinte des objectifs

Recommandation n° 1 :

Dans le cadre de la modification « Boremètre RCV » sur les réacteurs de 900 MWe, l'IRSN recommande qu'EDF retienne, comme condition de fonctionnement de dimensionnement, le scénario de dilution homogène et incontrôlée d'acide borique par rupture franche doublement débattue d'un tube de l'échangeur du circuit d'étanchéité des pompes primaires (CEPP) dans l'état d'arrêt normal sur le circuit de refroidissement du réacteur à l'arrêt (sans pompes primaires en service).

Observation n° 12 :

L'IRSN considère que les volumes du cœur traversés par le fluide devraient être corrigés dans les notes d'études afin de pénaliser le temps de transit dans le circuit primaire.

Observation n° 13 :

L'IRSN considère que les notes d'étude de dilution homogène devraient tenir compte de l'arrivée d'eau borée via les lignes à débit nul des pompes RRA ou les lignes de purification RCV, sur le délai de détection de la dilution du circuit primaire par le boremètre RCV.

Recommandation n° 2 :

L'IRSN recommande qu'EDF détermine, pour l'ensemble des scénarios de dilution retenus pour la phase de hiérarchisation, le délai nécessaire pour réaliser les actions de conduite permettant de mettre fin au transitoire incidentel. Pour les scénarios dont les actions de conduite ne peuvent raisonnablement pas être réalisées dans les délais forfaitaires du référentiel d'étude en vigueur (20 minutes pour les actions réalisées depuis la salle de commande et 35 minutes pour celles réalisées en local), EDF devra vérifier que le temps de retour en criticité reste supérieur au temps nécessaire pour arrêter la dilution.

Recommandation n° 3 :

L'IRSN recommande qu'EDF mette en œuvre les dispositions qui permettront de démontrer, en utilisant les règles d'étude de dimensionnement et en tenant compte des délais opérateur de l'EPR FA3, le respect du critère de sûreté pour les études de dilution incontrôlée valorisant le boremètre RCV sur l'ensemble des paliers.

Recommandation n° 5 :

L'IRSN recommande que les situations particulières en arrêt normal pour lesquelles les grappes ne sont pas formellement requalifiées (les groupes requis extraits ne sont pas à leur position requise ou l'essai de mesure du temps de chute n'est pas encore réalisé après un rechargement) intègrent la valorisation d'un moyen de détection d'une dilution homogène robuste à la règle de l'aggravant. À défaut, ces situations devront relever d'une condition limite des spécifications techniques d'exploitation plutôt que d'une prescription particulière.

Annexe 3 à l'Avis IRSN/2018-00196 du 13 juillet 2018

Observations traçant les engagements d'EDF apportés en complément aux dossiers initialement déposés

Observation n° 1 :

EDF prend l'engagement suivant :

« EDF s'engagera à compléter les mesures compensatoires prévues pour s'affranchir du risque explosion interne dans le local [du boremètre RCV du palier N4], lorsque le boremètre est sous tension pour les phases d'exploitation présentant de l'hydrogène, au niveau des singularités en complétant le contrôle visuel déjà prévu par un contrôle visant à détecter une fuite plus faible, à l'aide d'un détecteur Mille bulles. »

Observation n° 2 :

EDF prend l'engagement suivant :

« EDF déploiera sur le palier N4 une modification visant à supprimer le risque explosion dans le local [du boremètre RCV du palier N4] d'ici 2022. »

Observation n° 3 :

EDF prend l'engagement suivant :

« En cohérence avec la qualification du Boremètre, l'alarme rouge « indisponibilité du boremètre » sera émise pour des températures fluide non-comprises entre 10 °C et 60 °C. Pour le Boremètre [des paliers 1300 MWe et N4], l'émission de cette alarme est déjà prévue pour ces températures. Elle le sera également pour le boremètre [du palier 900 MWe] à l'échéance de son déploiement. »

Observation n° 4 :

EDF prend l'engagement suivant :

« L'analyse de REX de dilution homogène sera réalisée à l'échéance de fin 2019 afin de conforter la liste des scénarios de dilution de référence. »

Observation n° 5 :

EDF prend l'engagement suivant :

« La fréquence d'occurrence du scénario de dilution par la « mise en service incidentelle d'un déminéraliseur de déboratation » sera réévaluée à échéance de mi-2019 en explicitant les dépendances entre les différentes erreurs humaines considérées. »

Observation n° 6 :

EDF prend l'engagement suivant :

« La fréquence d'occurrence du scénario de dilution par le poste de déboratation de la tranche jumelle sera réévaluée à l'échéance de mi-2019 [...] »

Observation n° 7 :

EDF prend l'engagement suivant qui s'applique aux réacteurs de 900 MWe :

« *La fréquence d'occurrence du scénario de dilution par la ligne de secours du RCV de la tranche jumelle sera réévaluée à échéance de mi-2019, en tenant compte des défaillances intrinsèques des organes considérés [dont l'étanchéité est valorisée dans l'évaluation probabiliste du scénario], pour démontrer l'élimination par voie probabiliste de ce scénario.* »

Observation n° 8 :

EDF prend l'engagement suivant :

« *Afin de conforter l'analyse déjà présentée [liste des scénarios de dilution de référence], la fréquence d'occurrence du scénario de dilution du circuit primaire par le système REA Eau lors d'un appoint ou d'opérations de rinçage au niveau des joints des pompes primaires sera évaluée à échéance de mi-2019.* »

Observation n° 9 :

EDF prend l'engagement suivant qui s'applique aux réacteurs de 900 MWe :

« *Afin de conforter l'analyse fonctionnelle [la liste des scénarios de dilution de référence], la fréquence d'occurrence du scénario de dilution par le système RIS sera évaluée à échéance de mi-2019.* »

Observation n° 10 :

EDF prend l'engagement suivant :

« *EDF modifiera les RPC-CA en précisant formellement dans celles-ci :*

- *qu'il est interdit de réaliser le rinçage du circuit des pompes REA bore par le SED ;*
- *qu'il est interdit de réaliser le rinçage du circuit des pompes RIS par le SED.* »

Observation n° 11 :

EDF prend l'engagement suivant :

« *EDF analysera la possibilité de classer ces organes de limitation de débit [qui interviennent dans certains scénarios de dilution par injection d'additifs chimiques] et analysera l'impact du classement de ceux-ci sur la documentation d'exploitation pour la fin 2019.* »

Observation n° 14 :

EDF prend l'engagement suivant :

« *Dans les DA STE des paliers CPY à l'état VD4 et N4 à l'état VD2 pour lesquels le boremètre RCV est utilisé dans l'état AN/RRA 0 GMPP, EDF mentionnera dans le « Tableau de correspondance entre domaines d'exploitation et domaines d'étude ou états standards » du chapitre « Généralités » [les valeurs de CB requise à retenir] »*

Observation n° 15 :

EDF prend l'engagement suivant :

« *EDF déclinera dans les DA boremètre RCV CP0, CPY, 1300 MWe, DA VD2 N4, DA VD4 900 CPY et PTD n°2 VD4 BUGÉY, les délais de réparation et les fréquences de titrimétrie des événements RCV et REN de la manière suivante :*

1 voie du boremètre RCV indisponible :

- Si boremètre REN indisponible : Groupe 1* / Délai de réparation 3 jours / Pas de titrimétrie
- Si boremètre REN disponible : Groupe 2 / Délai de réparation 7 jours [/ Pas de titrimétrie]

2 voies du boremètre RCV indisponibles :

- Si boremètre REN indisponible : Groupe 1 / **Délai de réparation 8 h** / Titrimétrie au bout de 2h puis toutes les 1h30
- Si boremètre REN disponible : Groupe 1 / Délai de réparation 3 jours / Titrimétrie 8 h

Boremètre REN indisponible : Groupe 2 / Délai réparation 7 jours ».

Observation n° 16 :

EDF prend l'engagement suivant :

« EDF s'est engagé, pour les paliers 900 MWe, à modifier la définition de la disponibilité d'une voie du boremètre RCV comme suit : « Une voie du boremètre RCV est constituée de l'ensemble détecteur d'absorption des neutrons, sonde de température du fluide et sonde de température extérieure du capteur, unité de traitement et alarme dilution sur la même voie ». »

Observation n° 17 :

EDF prend l'engagement suivant :

« Dans les DA boremètre RCV CP0, CPY, 1300 MWe, DA VD2 N4, DA VD4 900 CPY et PTD n°2 VD4 BUGEY, EDF précisera dans la définition de la disponibilité d'une voie du boremètre RCV, les débits du circuit RRA retenus dans les études de sûreté [...] »

Observation n° 18 :

EDF prend l'engagement suivant :

« EDF reprendra dans les DA boremètre RCV CP0, CPY, 1300 MWe, DA VD2 N4, DA VD4 900 CPY et PTD n°2 VD4 BUGEY, la définition de la disponibilité du boremètre REN, de sorte à ce que la définition autorise de ne pas comptabiliser un événement de groupe 2 sous condition que la manœuvre de lignage n'excède pas le délai de 1 heure pour les états du réacteur RP, AN/GV, AN/RRA (hors état 0 GMPP), ainsi que pour les domaines AN/RRA 0 GMPP, API, et APR lorsque le boremètre RCV est intégralement disponible et que le délai de l'opération de lignage n'excède pas 1 heure également. »

Observation n° 19 :

EDF prend l'engagement suivant :

« De manière équivalente à ce qui figure dans la documentation d'exploitation des paliers 900 MWe, EDF amendera :

- la fiche d'alarme REN [des paliers 1300 et N4] de manière à ce qu'elle prévoit une entrée dans le chapitre VI des RGE dans les états non fermés du primaire,
- les procédures du chapitre VI des RGE 1300 MWe (resp. N4) de manière à ce qu'en cas de présence de l'alarme REN [...], le DOS conduise à l'application de la procédure ECPRO et que l'orientation initiale d'ECPRO entraîne l'application de la séquence dans laquelle sera isolée la potentielle source de dilution. [...]

Observation n° 20 :

EDF prend l'engagement suivant :

« EDF modifiera la règle de conduite EFS « Dilution homogène » du palier 1300 MWe pour que la justification relative à l'action « Poser la condamnation anti-dilution » soit explicitée en cohérence avec la règle particulière de conduite normale « Condamnations administratives ». »

Observation n° 21 :

EDF prend l'engagement suivant :

« EDF modifiera la règle de conduite EFS « Dilution homogène » du palier N4 de telle sorte que l'isolement d'une dilution provenant de l'échangeur CEPP soit priorisé sur l'isolement d'une dilution issue de la ligne d'injection d'additifs chimiques. »

Observation n° 22 :

EDF prend l'engagement suivant :

« EDF modifiera la règle de conduite EFSO « Dilution homogène » du palier 1300 MWe pour introduire la mémorisation des alarmes RRI 303 et 304 AA2 lorsque la source de dilution est identifiée par l'application de la règle de conduite et qu'elle provient des banalisés RRI. »

Observation n° 23 :

EDF prend l'engagement suivant :

« Le paragraphe « état initial et préalables » de l'EP d'étalonnage de la mesure en bore du boremètre RCV sera complété pour indiquer que cet étalonnage est réalisé sur quatre points de mesure basés sur des titrimétries, ainsi que les plages de concentration en bore dans lesquels doivent se trouver ces points. »

Observation n° 24 :

EDF prend l'engagement suivant :

« La rédaction des essais périodiques de contrôle de validation des capteurs de températures du fluide et d'ambiance sera modifiée [...] pour indiquer dans le paragraphe « but de l'essai » que les critères associés au contrôle type PBMP doivent être respectés ».

Observation n° 25 :

EDF prend l'engagement suivant :

« EDF modifiera la FA RPN [...] du palier CPY pour ne plus faire mention de l'évènement RPN 2 en API dans la liste des évènements de groupe 1 générés ». »

Observation n° 26 :

EDF prend l'engagement suivant :

« EDF indiquera dans le paragraphe « état initial et préalables » des [fiches impact systèmes] FIS [du système] RCV, et pour les essais de justesse de la mesure en bore et d'étalonnage du boremètre, que la température du fluide et sa concentration en bore doivent être stables (pas de borication ni de dilution) pendant le temps de l'acquisition. La température du fluide devra rester dans un intervalle de 10 °C. De plus, il sera demandé d'avoir une Cb primaire homogène afin de garantir la représentativité de la titrimétrie réalisée sur le système REN. »

Observation n° 27 :

EDF prend l'engagement suivant :

« EDF fournira une synthèse annuelle du retour d'expérience de l'exploitation du boremètre à l'IRSN, pour chaque site/réacteur, pour le 1er démarrage (montée), le cycle, l'arrêt suivant (descente + montée) ».