

Fontenay-aux-Roses, le 30 juin 2015

Monsieur le Président de l'Autorité de sûreté nucléaire

Avis IRSN N° 2015-00221

Objet : REP - Réacteurs de Fessenheim et des paliers CPY et 1300 MWe
Analyse de la déclaration d'évènement significatif du 28 mai 2015 survenu sur le réacteur n°1 de la centrale nucléaire de Cattenom - Ouverture intempestive de la vanne 1 GCT 021 VV entraînant l'arrêt automatique du réacteur, l'injection de sécurité et le déclenchement du plan d'urgence interne sûreté et radiologique.

Réf. : Saisine CODEP-DCN-2012-040076 du 11 mars 2013.

En réponse à la saisine citée en référence, l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN) a examiné les récentes déclarations d'évènements significatifs pour la sûreté, l'environnement ou la radioprotection transmises par EDF.

L'IRSN a retenu un Évènement significatif pour la sûreté (ESS) potentiellement générique qui mérite la mise en œuvre d'actions ou la transmission d'informations complémentaires de la part d'EDF. Cet évènement correspond à une condition de fonctionnement de deuxième catégorie¹ selon le rapport de sûreté.

Cet évènement est survenu le 28 mai 2015 sur le réacteur n°1 de la centrale nucléaire de Cattenom et a été déclaré le 29 mai 2015 par l'exploitant. Une ouverture intempestive d'une vanne de régulation pneumatique de contournement de la turbine à l'atmosphère (GCTa) s'est produite au cours du redémarrage du réacteur n°1 (réacteur dans le domaine d'exploitation « réacteur en production ») après un arrêt pour rechargement. Elle a conduit notamment à l'Arrêt automatique du réacteur (AAR), à la mise en service automatique de différentes actions de sauvegarde, dont l'Injection de sécurité (IS), et au déclenchement du Plan d'urgence interne (PUI) sûreté et radiologique. Les conséquences potentielles pour la sûreté de ce type d'évènement sont définies dans l'étude de condition de fonctionnement de catégorie 2 du Rapport de sûreté (RDS) relative à l'ouverture intempestive d'une soupape du Circuit secondaire principal (CSP). Le blocage en ouverture de cette soupape entraîne une dépressurisation rapide du circuit secondaire. La quantité d'énergie ainsi

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 B 440 546 018

¹ Les conditions de fonctionnement de dimensionnement sont réparties en quatre catégories. Ce classement résulte d'une estimation à la fois de la gravité des séquences et de la fréquence annuelle des initiateurs. La catégorie 2 correspond aux conditions incidentelles.

extraite provoque une diminution rapide de la pression et de la température (et donc du volume) de l'eau du circuit primaire, ce qui a en particulier pour effet de réduire la réserve d'anti-réactivité disponible pour arrêter le réacteur. En cas de blocage de la grappe de commande la plus efficace (aggravant appliqué au transitoire de référence), un retour en criticité et une excursion de puissance sont possibles.

Les investigations menées par EDF lui ont permis de déterminer avec certitude que la cause première de cet ESS du 28 mai 2015 est un dysfonctionnement du positionneur numérique « 5010 » installé sur la vanne de régulation. Selon EDF, ce dysfonctionnement est lié à une panne de l'électronique intégrée, qui est moulée dans une résine de protection. Cette panne non sûre², dont l'origine n'a pas pu être déterminée, a conduit la vanne à s'ouvrir entièrement, sans qu'un ordre de commande (manuelle ou de la régulation) n'ait été transmis. De plus, lors de l'évènement, cette vanne n'a pas pu être refermée depuis la salle de commande en utilisant la commande manuelle de fermeture. Le positionneur était totalement inopérant et ne permettait plus de manœuvrer la vanne de régulation. Or le précédent positionneur de cette vanne venait d'être remplacé au cours de l'arrêt du réacteur n°1 du fait de son dysfonctionnement conduisant à une ouverture partielle de la vanne de régulation GCTa, pendant la phase de régulation de la température du circuit primaire par le GCTa, lors de la mise à l'arrêt du réacteur. L'IRSN ne dispose pas d'informations détaillées sur les causes de ce premier dysfonctionnement.

Ce positionneur numérique a été installé à partir des années 2000 pour équiper les vannes GCTa des réacteurs de Fessenheim, des paliers CPY et 1300 MWe. Compte tenu de son obsolescence, il est progressivement remplacé par un positionneur numérique plus récent (modèle « 6010 »), de même marque.

L'analyse menée par les services centraux d'EDF, sur la base de l'ESS survenu sur le réacteur n°1 de la centrale nucléaire de Cattenom ainsi que de quelques ESS pour lesquels le dysfonctionnement d'un positionneur « 5010 » a été mis en évidence, a conduit à estimer que le dysfonctionnement du positionneur, tel qu'il est survenu sur le réacteur n°1 de la centrale nucléaire de Cattenom, était ponctuel et consécutif à une « défaillance aléatoire » de l'électronique interne du positionneur. En effet, d'une part, EDF s'appuie sur l'expertise du constructeur qui a identifié de manière formelle la défaillance du module électronique (le dysfonctionnement a été reproduit sur une vanne d'essai et a été éliminé après son remplacement). Selon EDF, une telle ouverture intempestive associée au positionneur n'a jamais été observée auparavant sous cette forme en dépit d'un retour d'expérience (REX) significatif d'exploitation de ce type de positionneur. D'autre part, selon EDF, ce REX ne fait pas non plus apparaître un taux de défaillance important et ne fait pas apparaître de mécanisme de vieillissement qui pourrait remettre en cause la fiabilité des positionneurs.

EDF considère donc qu'aucun plan d'action complémentaire n'est nécessaire pour éviter le renouvellement de cette panne et de cet évènement. Néanmoins, sur le réacteur n°1 de la centrale

² Panne non sûre : panne qui va dans le sens contraire à la sûreté.

nucléaire de Cattenom, EDF a décidé de remplacer le positionneur défectueux par un positionneur de type « 6010 ».

En premier lieu, l'IRSN rappelle que le classement électrique des vannes de régulation GCTa et de ses accessoires est respectivement 1E³ pour les réacteurs de Fessenheim et les réacteurs du palier CPY, D⁴ pour les réacteurs du palier 1300 MWe. L'exigence de qualification afférente à ces classements, compte tenu de la localisation de ces vannes sur l'installation, est une qualification K3 en ambiance dégradée⁵. La qualification des positionneurs « 5010 » a été réalisée sur la base de la version des Règles de conception et de construction des matériels électriques (RCC-E) des îlots nucléaires des réacteurs à eau sous pression (REP) en vigueur à l'époque de leur installation. Les positionneurs « 5010 » n'ont donc pas subi une qualification dite « qualification renforcée »⁶ applicable aux composants électroniques programmés introduite dans la version de 2007 du RCC-E.

Par ailleurs, les vannes GCTa peuvent être affectées de différents modes de défaillance, tels que l'ouverture intempestive, le blocage en ouverture, le blocage en fermeture. Le dysfonctionnement du positionneur « 5010 », survenu sur le réacteur n°1 de Cattenom le 28 mai 2015, conduisant à une ouverture intempestive de la vanne sans possibilité de la refermer est celui ayant l'impact potentiel le plus important pour la sûreté. Ce type d'évènement doit rester rare car, même s'il ne provoque qu'un évènement correspondant à une condition de fonctionnement de deuxième catégorie, il peut entraîner une dépressurisation rapide du circuit vapeur dommageable sur le plan de la sûreté (solllicitation du faisceau tubulaire du générateur de vapeur affecté, diminution rapide de la pression et de la température du circuit primaire, réduction des marges d'anti-réactivité).

En second lieu, l'IRSN n'est pas en mesure de se prononcer sur le caractère ponctuel et aléatoire du dysfonctionnement.

En effet, malgré le REX d'utilisation du positionneur « 5010 » chez EDF et dans l'industrie et les investigations menées par le fabricant, en l'absence d'une expertise poussée du module électronique du positionneur « 5010 », même s'il est plus vraisemblable que le dysfonctionnement ait pour origine un défaut matériel, l'IRSN ne peut pas exclure totalement que le défaut provienne du logiciel embarqué dans le module électronique.

La reproduction en atelier du comportement du positionneur observé sur le réacteur n°1 de Cattenom (ouverture du robinet d'essai en grand dès le raccordement électrique du positionneur, quelle que

³ La classe 1E est définie comme étant la classe de sûreté des systèmes électriques qui sont nécessaires pour l'arrêt automatique du réacteur, l'isolement de l'enceinte de confinement, le refroidissement de secours du cœur, l'extraction de la chaleur résiduelle du réacteur, l'extraction de la chaleur du bâtiment du réacteur.

⁴ La classe D est, à la conception, la classe des systèmes électriques qui ont un rôle à jouer vis à vis des fonctions de sûreté mais qui ne relèvent pas pour autant de la classe de sûreté 1E. Ont été affectés à la classe D les systèmes électriques nécessaires à l'accomplissement de fonctions telles que le retour et maintien en arrêt sûr du réacteur, la rétention des effluents gazeux, la manutention de combustible, dont la défaillance pourrait entraîner des rejets radioactifs, le refroidissement du combustible irradié, l'isolement du circuit primaire principal vis-à-vis des systèmes auxiliaires. Ont également été affectés à la classe D certains systèmes supports dont la défaillance pourrait entraîner la perte d'une fonction de sûreté, certains systèmes de surveillance ainsi que certains systèmes ou équipements utilisés dans les conditions de fonctionnement complémentaires.

⁵ « Qualification K3 : le but de la procédure de qualification K3 est de donner l'assurance qu'un matériel, installé hors de l'enceinte de confinement, est apte à remplir ses fonctions spécifiées dans les conditions normales d'ambiance et sous sollicitations sismiques, ainsi que dans les conditions accidentelles d'ambiance spécifiées pour certains matériels.

⁶ « Qualification renforcée » : cette qualification, introduite dans la version 2007 du RCC-E, a pour objectif de définir les éléments nécessaires à la qualification de la partie numérique des Composants électroniques programmées (CEP).

soit la consigne) puis la disparition de ce phénomène après remplacement du module électronique permettent de conclure que la panne est afférente au module électronique et laisse présager que le défaut provient plutôt de la partie matériel que du logiciel, compte tenu qu'un défaut logiciel qui serait exécuté dans la même configuration de test devrait conduire, sous réserve que les états internes du logiciel soient identiques, à la reproduction du dysfonctionnement. Cette réserve ne pourrait être levée que par des investigations plus poussées. L'IRSN rappelle que, contrairement au cas des composants matériels⁷, les défauts des logiciels ne peuvent pas être considérés comme aléatoires. **Si un incident du même genre se reproduisait sur le parc, des justifications complémentaires pourraient s'avérer nécessaire pour s'assurer que le logiciel n'est pas en cause.**

Vis-à-vis du taux de défaillance et du vieillissement des positionneurs « 5010 », à la suite de l'ESS survenu sur le réacteur n°1 de la centrale nucléaire de Cattenom, l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) a demandé à l'ensemble des sites du parc électronucléaire de dresser, pour chaque réacteur, un bilan des écarts et des indisponibilités depuis 2012 ayant affecté les vannes GCTa et leurs accessoires en précisant les circonstances de la découverte de ces écarts (maintenance, essais, fortuits,...), la nature des défauts constatés ainsi que les pièces remplacées.

Les bilans transmis par EDF en réponse à cette demande permettent de recenser l'existence de 15 dysfonctionnements⁸ sur la période 2012-2015 affectant les positionneurs « 5010 ». Parmi ces dysfonctionnements, dix (dont deux fortuits survenus en exploitation et huit découverts lors des essais périodiques) ont nécessité une maintenance corrective. Trois dysfonctionnements ont été découverts lors de la maintenance préventive. Trois dysfonctionnements ont empêché une ouverture totale d'une vanne GCTa. Pour les autres dysfonctionnements, les conséquences ne sont pas explicitement mentionnées, mais ils sont notamment dus à une dérive ou une instabilité du signal du positionneur. Ainsi, ces bilans ne font pas ressortir d'écarts des positionneurs « 5010 » ayant donné lieu à des conséquences notables sur le fonctionnement des vannes réglantes GCTa. De plus, le nombre de dysfonctionnements des positionneurs entre 2012 et aujourd'hui est moindre que ceux recensés dans les bilans des données de fiabilité des vannes GCTa établis par EDF sur les périodes du 1^{er} janvier 1999 au 31 décembre 2007. **La fiabilité des positionneurs « 5010 » n'appelle donc pas de remarque de l'IRSN, en notant toutefois qu'il est nécessaire qu'EDF reste vigilant du fait de la faible représentativité des résultats dus à la courte période de scrutation et au faible nombre de positionneurs installés.**

La démarche structurée de gestion de la maintenance AP913⁹ a pour objectif principal « zéro défaillance » pour les composants classés « critiques » pour la sûreté ou la disponibilité. Cette démarche s'appuie notamment sur la création d'une structure « fiabilité » et l'élaboration des

⁷ Pour les matériels, la période dite de « maturité » se caractérise par un taux de défaillance constant. Les défaillances sont liées à une usure normale.

⁸ Recensement établi par l'IRSN sur la base des données transmises par 9 centrales nucléaires (représentant un total de 32 réacteurs sur 48 concernés ayant des positionneurs de type « 5010 ») à jour pour la période de 2012 à 2015. La diminution du nombre de dysfonctionnement est à relativiser compte tenu de la diminution du nombre de positionneur de type « 5010 » installés sur le parc, compte tenu de leur remplacement progressif par des positionneurs de type « 6010 ».

⁹ AP913 : Advanced project 913

différents bilans pour le suivi de performance des composants et des systèmes. Par ailleurs, la mise en œuvre de l'AP913 est accompagnée par la création des réseaux « systèmes » et « composants » réunissant les chargés de systèmes et de composants des sites et des services nationaux. Ces réseaux sont un lieu de partage des différents bilans demandés par l'AP913 ainsi qu'un partage de connaissances et de compétences entre les différents participants.

Les positionneurs constituant un sous-ensemble des vannes GCTa, une dégradation de leur performance doit être tracée à travers les bilans du système GCT. Dans l'objectif de l'amélioration de la fiabilité des composants et systèmes à moyen et long terme dans lequel s'inscrit la démarche AP913, les chargés du système GCT et les chargés de composants en charge de la robinetterie doivent échanger afin d'engager une analyse sur les écarts rencontrés et proposer des actions de fiabilisation en fonction des enjeux de fiabilité à court, à moyen terme et de sûreté. En fonction de ces enjeux et de l'intérêt ou de la difficulté des problèmes rencontrés, les chargés de systèmes et de composants de site doivent échanger avec leurs homologues dans le cadre de leurs différents réseaux respectifs.

Cette démarche est de nature à permettre à EDF d'identifier une dégradation de la fiabilité des positionneurs.

Parmi les écarts identifiés dans les bilans transmis par EDF, certains sont dus à un phénomène de vieillissement de composants. Notamment des pièces sont assujetties à du vieillissement naturel ou thermique comme les joints en élastomère, ce qui peut provoquer une fuite d'air au niveau de l'actionneur et par conséquent une impossibilité d'ouvrir la vanne en grand, voir l'indisponibilité complète de la vanne pour des fuites d'air très importante. Les écarts liés à ce mécanisme de dégradation générique sont donc susceptibles de se reproduire. Or ce mode de dégradation n'est pas pris en compte dans les fiches d'analyse du vieillissement des vannes de réglage des paliers 900 et 1300 MWe établies par EDF. Compte tenu de l'âge des 100 positionneurs de type « 5010 » encore en exploitation sur certains réacteurs (installés en 2003 pour les plus anciens), l'IRSN considère qu'EDF devrait définir et mettre en œuvre des dispositions pour éviter la survenue de pannes liées aux vieillissements de composants. **Ce point fait l'objet la recommandation n° 1 en annexe.**

En conclusion, le REX des positionneurs « 5010 » ne montre pas d'évolution négative sur la dernière période de scrutation. De plus, les effets du dysfonctionnement survenu sur le réacteur n°1 de Cattenom le 28 mai 2015 restent limités à une condition de fonctionnement de deuxième catégorie. De ce fait, bien que l'analyse d'EDF ne couvre pas le champ logiciel, l'IRSN estime qu'un plan d'action immédiat n'est pas nécessaire. Néanmoins, en cas de renouvellement du dysfonctionnement du module électronique du positionneur « 5010 » conduisant à ouverture intempestive d'une vanne GCTa, l'IRSN considère qu'EDF devrait procéder à des analyses lui permettant de discriminer l'origine du dysfonctionnement et prendre les mesures nécessaires pour éviter son renouvellement. A défaut, l'IRSN considère qu'EDF devrait réinterroger son planning de remplacement des positionneurs « 5010 » pour les remplacer, dans les plus brefs délais, par des positionneurs dont la qualification répond aux règles de qualification en vigueur.

Ce point fait l'objet l'observation n° 1 en annexe

En dehors du positionneur, différents modules électroniques sont nécessaires pour commander la position des vannes du GCTa, à savoir les défaillances du module de régulation et les défaillances du module dit « Relais point de consigne » (RPC). À la suite des défaillances de positionneur du 28 mai 2015, l'exploitant de Cattenom a été confronté à des défaillances attribuées au RPC entre le 1^{er} et le 3 juin 2015. Le REX fait ressortir également des défaillances de ces modules dont les conséquences sur le fonctionnement des vannes sont similaires aux conséquences générées par le dysfonctionnement des positionneurs (ouverture intempestive, fermeture intempestive, blocage en ouverture, blocage en fermeture). Le retour d'expérience de ces modules pourrait faire l'objet d'échanges techniques avec EDF au cours des réunions périodiques et des avis relatifs au REX « à froid » au titre de la saisine [1].

Par ailleurs, l'IRSN rappelle que la qualification aux conditions normales de fonctionnement et sous sollicitations sismiques (qualification de type K3¹⁰) des modules RPC n'est toujours pas acquise et qu'EDF doit compléter son dossier en réalisant des essais complémentaires pour apporter des éléments de démonstration vis-à-vis du comportement sous séisme.

Pour le Directeur général, par ordre,

Frédéric MÉNAGE

Adjoint au Directeur de l'expertise de sûreté

¹⁰ Qualification K3 : Matériels situés à l'extérieur de l'enceinte de confinement, ayant à assurer leurs fonctions dans des conditions d'environnement correspondant aux conditions de fonctionnement normales et sous sollicitation sismique.

Recommandation

Recommandation n° 1 : Vieillessement des positionneurs de type « 5010 »

Compte tenu de l'âge des 100 positionneurs de type « 5010 » encore en exploitation sur certains réacteurs, l'IRSN recommande qu'EDF définisse et mette en œuvre des dispositions pour éviter la survenue de pannes liées au vieillissement de certains composants. À cet égard, il vérifiera notamment l'adéquation de la périodicité de changement des joints à l'égard du retour d'expérience de leur dégradation.

Observation

Observation n° 1 : Détermination de l'origine de la défaillance du module électronique

En cas de renouvellement du dysfonctionnement du module électronique du positionneur « 5010 » conduisant à ouverture intempestive d'une vanne GCTa, l'IRSN considère qu'EDF devrait procéder à des analyses lui permettant de discriminer l'origine du dysfonctionnement et prendre les mesures nécessaires pour éviter son renouvellement. A défaut, l'IRSN considère qu'EDF devrait réinterroger son planning de remplacement des positionneurs « 5010 » pour les remplacer, dans les plus brefs délais, par des positionneurs dont la qualification répond aux règles de qualification en vigueur.