



DIRECTION DES CENTRALES NUCLEAIRES

Montrouge, le 2 novembre 2015

Réf. : CODEP-DCN-2015-017985**Monsieur le Directeur
Division Production Nucléaire
EDF
Site Cap Ampère – 1 place Pleyel
93 282 SAINT-DENIS CEDEX****Objet : Réacteurs électronucléaires - EDF
Tirants d'ancrage précontraints****Réf. :** cf. Annexe 2

Monsieur le Directeur,

Les tirants d'ancrage précontraints assurent la fixation au génie civil de nombreux matériels identifiés comme éléments importants pour la protection des intérêts (EIP)¹. Toutefois, la maintenance de ces systèmes d'ancrage n'a pas été prévue lors de la conception des installations.

Au début des années 1990, EDF a constaté :

- des ruptures de tirants ayant pour origine principale un mode de dommage par corrosion sous contrainte (CSC),
- des pertes de tensions dans les tirants dues notamment aux pertes différées par relaxation des contraintes, qui n'ont pas été prise en compte à la conception.

EDF a engagé une stratégie de contrôle et de remise en conformité, dont la majeure partie a été soldée en 2011.

*
* *

EDF a élaboré en 2003 une doctrine de maintenance afin de pérenniser la maintenance des tirants d'ancrage précontraints et capitaliser le retour d'expérience (REX) sur le détensionnement de ces tirants. Lors de l'élaboration de cette doctrine, EDF a effectué une évaluation des pertes différées de précontrainte. En 2009, les premiers résultats de l'analyse du REX concluaient à la nécessité d'effectuer un resserrage au vérin d'un nombre important de tirants tous les 10 ans. Une seconde étude a été lancée par EDF afin de hiérarchiser, sur la base des données disponibles, pour chaque matériel, les resserrages nécessaires. Une deuxième méthode de serrage (au couple) a été retenue.

¹ mentionnés à l'article L. 593-1 du code de l'environnement, au sens de l'article 1.3 de l'arrêté du 7 février 2012 fixant les règles générales relatives aux installations nucléaires de base.

En 2011, par courrier en référence [1], EDF a diffusé les programmes de base de maintenance préventive (PBMP) des tirants d'ancrage précontraints pour l'ensemble des réacteurs en fonctionnement, avec une planification décennale des resserrages à effectuer pour la période de 2012 à 2021. L'application de ces PBMP vise à garantir la conformité des tirants dans le temps, et, le cas échéant, procéder aux remises en conformité nécessaires.

*
* *

Lors de la mise en œuvre des PBMP des tirants d'ancrage précontraints, EDF a identifié, par analyse, un manque de précontrainte potentielle dans les tirants d'ancrages du réservoir d'acide borique du système d'injection de sécurité (RIS 004 BA).

En 2013, par courrier en référence [2], EDF a informé l'ASN de l'émergence d'un écart de conformité générique potentiel sur les ancrages du réservoir d'injection de bore RIS 004 BA du palier CPY. Une précontrainte insuffisante du dispositif d'ancrage et une section résistante des tirants trop faible remettaient en cause la qualification de ce réservoir pour résister à un séisme. Les réacteurs potentiellement concernés sont les réacteurs n° 1 à 4 de Tricastin, Gravelines et Dampierre, et les réacteurs n° 1 et 2 du Blayais et de Saint-Laurent B.

Par courrier en référence [3], EDF a indiqué à l'ASN que les expertises des tirants menées sur plusieurs de ces sites avaient mis en évidence des écarts concernant les caractéristiques mécaniques de ces tirants.

La caractérisation de l'écart, transmise à l'ASN par courrier en référence [4], concluait à :

- la tenue des ancrages pour un séisme d'intensité « séismes maximaux historiquement vraisemblables » (SMHV) pour les 16 réacteurs concernés par cet écart potentiel,
- la tenue des ancrages pour un séisme d'intensité « séismes majorés de sécurité » (SMS) pour tous les réacteurs concernés à l'exception du réacteur n° 1 de Gravelines.

Par la suite, le centre nucléaire de production d'électricité (CNPE) de Gravelines a déclaré le 10 avril 2013 un événement significatif de sûreté (ESS) par la télécopie en référence [5]. Par la note en référence [6], EDF a transmis la solution de réparation mise en œuvre.

Par ailleurs, par courrier en référence [4], EDF s'est engagée à contrôler la tenue au séisme des tiges scellées des réservoirs RIS 004 BA des réacteurs du palier CP0 qui présentent certaines similitudes avec celles du palier CPY. Les justifications correspondantes ont été transmises à l'ASN par courrier en référence [7] et concluent à la tenue de tous les ancrages pour un séisme d'intensités SMHV et SMS de tous les réacteurs du palier CP0.

*
* *

Au terme de son instruction, l'ASN considère satisfaisantes :

- les actions entreprises par EDF pour reconstituer les dossiers de référence « ancrages » des EIP afin de définir les exigences qui leur sont applicables,
- la mise en application progressive des PBMP par les différents CNPE afin de garantir la conformité des tirants au dossier de référence « ancrages » et d'effectuer si nécessaire les opérations de remise en conformité des tirants.

Par ailleurs, l'ASN note que le comportement mécanique des tiges scellées des réservoirs RIS 004 BA des réacteurs du palier CP0 est satisfaisant pour un séisme de niveau SMS.

Toutefois, afin de garantir de façon pérenne la conformité des tirants d'ancrage précontraints des réacteurs en fonctionnement, l'ASN estime que les opérations de contrôle et de remise en conformité de ces tirants réalisées dans le cadre des PBMP doivent être complétées, notamment pour prendre en compte :

- une meilleure évaluation des pertes de précontrainte,
- la conformité dimensionnelle des platines d'ancrage,
- la présence de produit de calage dans les fourreaux de certains tirants précontraints,
- l'accroissement du risque de corrosion sous contrainte des tirants précontraints susceptibles d'être exposés aux risques d'aspersion lors des opérations de lavage ou de maintenance et de ceux situés à l'extérieur des bâtiments susceptibles d'être exposés aux intempéries.

Concernant les tirants d'ancrage des réservoirs RIS 004 BA des réacteurs CPY, l'ASN considère que les justifications de résistance de ces tirants en situation sismique sont incomplètes.

Vous trouverez, en annexe 1, les demandes de l'ASN, auxquelles une réponse est attendue sous 6 mois.

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

La directrice de la DCN,

Signé par : Anne-Cécile RIGAIL

Demandses de l'ASN

A. Evaluation des pertes théoriques de précontrainte

Après la mise en tension d'un tirant d'ancrage, la force de précontrainte diminue à cause des effets liés, notamment, à la relaxation des aciers et au retrait du béton. Ces pertes de tension, qui n'ont pas été prises en compte à la conception, sont regroupées en deux familles :

- les pertes instantanées, qui se produisent à court terme après la mise en tension du tirant,
- les pertes différées, qui se traduisent par un desserrage progressif des tirants en fonction du temps.

A.1. *Les pertes différées*

Les pertes différées, qui se développent dans le temps, sont susceptibles de produire un desserrage progressif et peuvent être dues :

- à la relaxation de l'acier des tirants,
- au retrait du béton,
- au fluage du béton.

Ces phénomènes peuvent provoquer une perte de précontrainte.

Par la note en référence [8], EDF présente une évaluation des pertes de précontrainte différées théoriques à partir des formules des règles technique du « Béton précontraint - états limites » (BPEL) [9] et de l'Eurocode 2 [10]. En application de ces règles, EDF a élaboré un modèle informatique (CALTEN) qui évalue pour chaque matériel les pertes différées théoriques de précontrainte à partir de la définition des caractéristiques géométriques et mécaniques des ancrages, de l'effort minimal de précontrainte dans les tirants et de l'historique des resserrages issus du dossier de référence « ancrages » du matériel.

En ce qui concerne les pertes différées par relaxation de l'acier, EDF a retenu un taux de relaxation à 1000 heures de 4 %. Cette valeur dépend de la nature de l'acier utilisé et de son traitement thermique. Pour les aciers n'ayant pas subi de traitement particulier permettant de réduire la relaxation, une relaxation à 1000 heures de 8 à 9 % est généralement retenue. L'ASN estime qu'en absence de justification le taux de relaxation de l'acier fixé par EDF à 4 % n'est pas conservatif.

En ce qui concerne les effets de la relaxation, du retrait ou du fluage du béton, plusieurs incohérences entre les formules proposées par l'Eurocode 2 et celles utilisées par EDF ont été relevées.

Au cours de l'instruction, EDF a indiqué que cette différence est vraisemblablement due à l'utilisation d'une version projet de l'Eurocode 2. Toutefois, les pertes de précontrainte calculées avec l'application CALTEN sont systématiquement majorées de 23 % pour prendre en compte les variations possibles des paramètres saisis. Par courrier en référence [15], EDF a indiqué que cette majoration avait été déterminée en utilisant des règles codifiées et en évaluant les incertitudes des données d'entrées sur la valeur des pertes différées calculées.

L'ASN constate que les règles codifiées utilisées par EDF reposent sur des mesures effectuées sur les tirants « longs », ce qui n'est pas le cas pour les tirants précontraints présents sur les réacteurs en fonctionnement. De plus, le taux de relaxation de l'acier ne fait pas partie des paramètres pris en compte dans l'évaluation des incertitudes.

Par ailleurs, EDF a indiqué qu'une comparaison des prédictions de CALTEN avec les valeurs de tension d'ancrage mesurées sur 25 butées des puits de cuve pendant une dizaine d'années a montré que les tensions d'ancrages prédites par CALTEN étaient inférieures aux valeurs mesurées, avec un niveau de confiance

supérieur à 95 %. Sur la base de ces éléments, EDF considère que les valeurs de tension d'ancrage prédites par CALTEN sont suffisamment conservatives.

Le parc des réacteurs nucléaires compte près de 60 000 tirants précontraints présentant des caractéristiques et des niveaux de sollicitations différents. L'ASN considère que l'échantillonnage de 200 tirants des butées du puits de cuve n'est pas suffisamment représentatif pour démontrer le conservatisme des valeurs calculées par l'application CALTEN pour l'ensemble des tirants précontraints des réacteurs en fonctionnement.

Demande A1 : L'ASN vous demande de démontrer que la majoration de 23 % des pertes différées est conservative, avec une vérification par des mesures sur un échantillon dont la représentativité statistique et technique (vis-à-vis notamment des différentes familles de matériels) devra être justifiée.

A.2. Effets des redistributions d'efforts

La tension résiduelle effective dans les tirants peut être déterminée avec une précision qui dépend de la méthode de serrage utilisée :

- la méthode de serrage aux vérins consiste en une mise en tension avec contrôle de la tension par une analyse de la courbe de pesage. EDF indique que cette technique permet d'évaluer la tension résiduelle dans les tirants avec un niveau de précision pouvant atteindre 10 %.
- concernant la méthode de serrage au couple, la tension du tirant est obtenue par l'application d'un couple de serrage sur l'écrou, au moyen d'une clef dynamométrique. EDF tient compte, pour évaluer le couple de serrage, de la précision de la clef dynamométrique et de la variabilité des coefficients de frottement au niveau des filets du tirant et au niveau du contact entre l'écrou et la surface de la pièce à serrer. La prise en compte de ces dispersions permet de calculer une valeur minimale et une valeur maximale de la tension de serrage. La méthode de serrage au couple ne permet donc pas de connaître de manière précise la tension résiduelle des tirants précontraints.

Des redistributions d'effort ont lieu lors de la rupture des tirants et lors de l'opération de serrage partielle de tirants d'un même ancrage. Par ailleurs, elles peuvent également survenir en fonction de la séquence de serrage de tous les tirants d'un même matériel. Toutefois, EDF n'a pas évalué les incertitudes associées à ces redistributions d'efforts.

Compte tenu des imprécisions dans la détermination de la tension résiduelle effective, l'ASN considère que les incertitudes liées aux effets des redistributions d'efforts lors des opérations de serrage et les pertes instantanées de tension en fonction du séquençement des mises en tension des tirants pourraient conduire à un non-respect de la tension de précontrainte requise pour les tirants les plus tendus (ceux pour lesquels les tensions TA^2 et TB^3 sont proches).

Demande A2 : Pour les tirants les plus tendus, l'ASN vous demande d'étudier les incertitudes liées aux effets des redistributions d'efforts lors des opérations de serrage ainsi que les pertes instantanées de tension en fonction du séquençement des mises en tension des tirants.

B. Maintenance des tirants précontraints

Six programmes de base de maintenance préventive (PBMP) relatifs au contrôle des ancrages précontraints des matériels EIP ont été élaborés et transmis en août 2011 aux différents CNPE pour application. Ils sont associés à une doctrine de maintenance « ancrages », à des règles nationales de maintenance (RNM) par

² TA : la tension appliquée au dernier resserrage.

³ TB : tension minimale requise donnée par le constructeur du matériel ou déterminée à partir des notes de calculs de dimensionnement du matériel.

palier pour le serrage des tirants précontraints et à une planification décennale des resserrages pour chaque réacteur.

Pour les matériels concernés, le PBMP prévoit cinq types de contrôles sur les ancrages :

- Le contrôle de la conformité au plan : à réaliser une fois lors du premier contrôle, il consiste à vérifier l'absence d'anomalie de construction ou de montage évidentes (absence d'ancrage, jeu anormal des liaisons filetés...), la présence de tous les constituants visibles de la nomenclature et les dimensions des ancrages ;
- Le contrôle et la reprise de la tension dans les tirants ;
- Le contrôle de l'absence de rupture : il porte sur les tirants non protégés contre la corrosion et sensibles à la corrosion sous contrainte et permet de s'assurer qu'un tirant n'est pas rompu ;
- Le contrôle visuel de la corrosion généralisée et/ou par piqûre : il porte sur les tirants non protégés contre la corrosion et permet de s'assurer de l'absence de corrosion généralisée ou par piqûre sur toute la surface du tirant (fût et filetage) ;
- Le contrôle visuel de génie civil : il consiste notamment à vérifier l'absence de fissure ou d'éclatement du béton au droit des ancrages.

B.1. Préparation des opérations de maintenance

Au titre de la disposition transitoire DT 174 indice 4 [11], il a été prévu, lors de la visite partielle de 2014 du réacteur n° 3 de Gravelines, de réaliser, pour l'ensemble des tirants des butées antisismiques du puits de cuve :

- un contrôle préalable des tirants par ultrasons pour vérifier l'absence de rupture,
- un pesage pour évaluer la précontrainte dans le tirant,
- une remise en tension permettant de constituer autant que possible des marges de tension complémentaires au-delà du critère de retension,
- un contrôle final par ultrasons.

Toutefois, en raison de la distance réduite entre ces tirants et d'un parement en béton, l'outillage conventionnel prévu par EDF étant trop encombrant, le pesage la remise en tension de 4 tirants de la butée n° 2 de type B n'ont pas été réalisés. Cette configuration n'a pas été identifiée par EDF lors de la phase de préparation des opérations en 2014 bien qu'un outil spécifique pour la remise en tension des tirants de la même butée ait été déjà utilisé en 2000.

L'ASN estime qu'il est nécessaire, préalablement à la réalisation des opérations de maintenance, de disposer d'outils de contrôles et de remise en tension des tirants précontraints adaptés aux spécificités d'implantation de certains tirants d'ancrage précontraints et à l'encombrement des zones d'interventions.

Demande B1 : L'ASN vous demande de vous assurer des conditions d'intervention préalablement aux interventions de contrôle et de resserrage des tirants précontraints. Vous veillerez à l'identification, la traçabilité pérenne et la prise en compte effective des spécificités d'implantation de certains tirants d'ancrage précontraints et à l'encombrement des zones d'interventions lors de la préparation de ces opérations de maintenance.

B.2. Contrôle des platines d'ancrage

Au titre des PBMP relatifs au contrôle des ancrages précontraints, un contrôle visuel du génie civil permet de vérifier le bon contact mécanique entre les platines d'ancrages et le béton, d'une part, entre les platines et les écrous des tirants, d'autre part.

Les PBMP prescrivent par la même occasion un contrôle de conformité au plan qui consiste à vérifier :

- les dimensions des ancrages,
- la présence de tous les constituants visibles de la nomenclature,

- l'absence d'anomalie de montage évidente comme l'absence d'ancrage ou un jeu anormal entre la sous-face de l'écrou et la platine.

Par ailleurs, lors des opérations de mise en tension, l'application d'un couple de serrage défini ou la lecture de la courbe de pesage avec la méthode de serrage au vérin permet d'observer les éventuelles anomalies et de s'assurer de la tenue des platines.

L'ASN note que les dispositions décrites ci-dessus permettent la détection des éventuelles anomalies relatives aux platines d'ancrages. Toutefois, les PBMP ne préconisent pas de manière explicite une vérification de leur conformité dimensionnelle.

Les platines des ancrages doivent être dimensionnées de telle manière qu'elles ne subissent, du fait des efforts qui leur sont appliqués, aucune déformation préjudiciable. Une platine déformée peut non seulement provoquer une perte de tension dans le tirant, mais également créer des désordres dans la structure. Elle accroît également le risque d'un mauvais fonctionnement des appareils de contrôle lors des opérations de pesage.

Afin de garantir la maîtrise de la tension des tirants, l'ASN considère qu'il est indispensable de vérifier la conformité dimensionnelle des platines d'ancrage et de s'assurer que leur rigidité est suffisante.

Demande B2 : L'ASN vous demande de compléter les programmes de maintenance avec un contrôle de la conformité dimensionnelle des platines d'ancrage permettant notamment de vous assurer que la rigidité des platines d'ancrage est suffisante. Les résultats de ce contrôle devront être inclus dans le dossier de référence « ancrages » des matériels.

B.3. Détection des écarts relatifs aux caractéristiques des aciers

Dans le cadre du déploiement progressif des PBMP relatifs aux ancrages précontraints, EDF a recensé plusieurs écarts concernant les caractéristiques mécaniques de l'acier des tirants. Ces non-conformités ont pu être relevées lors d'opérations de serrage au vérin car les courbes de serrage ne correspondaient pas aux courbes attendues.

L'ASN remarque que les écarts portant sur les caractéristiques mécaniques de l'acier des tirants ne sont pas détectables avec la méthode de serrage au couple en absence de dispositifs de contrôle spécifique.

Demande B3 : L'ASN vous demande de mettre en place une méthode spécifique de détection des écarts portant sur les caractéristiques mécaniques de l'acier des tirants.

B.4. Maintenance des tirants bloqués par un produit de calage

Lors de la mise en place des systèmes d'ancrage, le réglage en hauteur de la platine d'ancrage doit être effectué de façon précise. Après ce réglage, un produit de calage est généralement mis en place entre la platine et le plancher ou le mur en béton. Parfois celui-ci peut être amené à couler dans l'espace entre le tirant et le fourreau.

La présence de ce produit de calage a été déjà constatée dans les fourreaux des tirants de plusieurs matériels EIP. En bloquant les tirants, elle perturbe la détection d'une rupture éventuelle.

Au titre des PBMP relatifs aux ancrages précontraints, le contrôle de l'absence de rupture est effectué uniquement sur les tirants sensibles à la corrosion et non protégés, tous les cinq ans, avec une latitude d'adaptation calendaire de deux ans. Deux cas de figure se présentent :

- Pour les tirants en position horizontale ou « non traversant » en position verticale, le contrôle consiste à frapper l'écrou d'une des têtes d'ancrage afin de détecter un éventuel déplacement ;

- Dans le cas où le tirant traversant est en position verticale et que les deux têtes d'ancrage sont accessibles, le contrôle se limite à vérifier que la tête d'ancrage inférieure est toujours en place.

L'ASN estime que le contrôle de non rupture tel que préconisé ne prend pas en compte la présence éventuelle d'un produit de calage dans les fourreaux susceptible de bloquer les tirants et peut ainsi s'avérer inopérant.

Demande B4 : L'ASN vous demande de mettre en œuvre une méthode spécifique de contrôle de la rupture des tirants bloqués par un produit de calage.

En outre, la présence du produit de calage rend impossible la mesure de la tension dans les tirants serrés au vérin car les courbes de pesage sont alors difficilement interprétables. La procédure de serrage doit donc être modifiée pour tenir compte de la présence de ce produit de calage. La doctrine de maintenance « ancrages » préconise que, pour les tirants bloqués par un produit de calage, les resserrages soient effectués au couple, à court terme, et qu'une analyse spécifique soit effectuée, à moyen terme, pour statuer sur leur maintien en l'état et définir la périodicité des resserrages.

Par ailleurs, l'évolution de la tension dans les tirants ne pouvant plus être prédite sur le long terme, l'ASN estime qu'un suivi de la précontrainte résiduelle sur un panel de tirants est nécessaire, en privilégiant les tirants les plus tendus. Ce point fait l'objet de la **demande B5** ci-après.

B.5. Mesure et suivi de la tension résiduelle des tirants serrés au couple

La méthode de serrage au couple, qui a pour avantage sa simplicité de mise en œuvre, présente toutefois des inconvénients notables :

- Pour un même couple nominal, le résultat du serrage final dépend de la précision de l'outil de serrage utilisé, des défauts géométriques, des états de surface ou de la lubrification des pièces assemblées et de la boulonnerie ;
- La méthode de serrage au couple provoque dans la tige, en plus de la contrainte axiale de traction visée, l'apparition d'une contrainte de torsion, qui peut atteindre plus de 30 % de la contrainte de traction : la contrainte résultante équivalente dans la boulonnerie est ainsi fortement augmentée et peut dépasser la limite d'élasticité du matériau alors même que la valeur de la contrainte de traction seule reste admissible ; de plus, cette contrainte de torsion peut faciliter un desserrage intempestif en fonctionnement normal ;
- Le couple étant le plus souvent appliqué de manière asymétrique, il peut causer la flexion dans la tige ; si son faible niveau permet souvent de la négliger, il convient d'en tenir compte dans les cas limites ;
- Sans moyens de contrôle sur le tirant avant le serrage, la méthode de serrage au couple ne permet pas de mesurer la tension effective résiduelle dans le tirant.

Pour les tirants les plus tendus (ceux pour lesquels les tensions TA et TB sont proches), une bonne précision dans le serrage final est nécessaire afin d'obtenir une tension résiduelle conforme à la tension requise.

Compte tenu de l'imprécision de la détermination de la tension résiduelle après un serrage au couple, l'ASN estime qu'il peut s'avérer utile de munir chaque tirant de l'ancrage d'un dispositif permettant de mesurer et d'enregistrer, périodiquement ou en continu, l'effort de tension résiduelle du tirant.

Demande B5 : L'ASN vous demande d'étudier la possibilité de munir les tirants serrés au couple les plus tendus ou ceux immobilisés dans un produit de calage d'un dispositif permettant de mesurer et d'enregistrer, périodiquement ou en continu, l'effort de tension résiduelle du tirant. Vous justifierez la représentativité de l'échantillon de tirants précontraints qui seront équipés de ce dispositif.

B.6. Surveillance de la corrosion

La présence d'humidité dans les fourreaux engendre un risque de rupture pour les tirants sensibles à la corrosion sous contrainte qui ne sont pas protégés. Des ruptures de tirants ont été déjà constatées sur les réacteurs du parc en fonctionnement. À titre d'exemple, le CNPE de Flamanville a constaté lors de l'arrêt du réacteur n° 1 en 2014 la rupture d'un des tirants du dispositif auto-bloquant⁴ (DAB) d'un groupe motopompe primaire (GMPP). Les expertises menées par EDF concluent à une rupture par corrosion sous contrainte très probablement développée par l'introduction d'eau dans le fourreau à la suite d'une opération de nettoyage réalisée en 2005.

En ce qui concerne les tirants qui sont protégés contre la corrosion, l'ASN ne dispose d'aucune information ou justification de la part d'EDF sur la durée de vie du revêtement de protection en fonction de la température, du vieillissement, de l'irradiation, des phénomènes d'aspersion récurrents dans les centrales lors de certaines opérations de lavage ou de maintenance ou du fait des intempéries pour les tirants situés à l'extérieur des bâtiments.

L'ASN estime nécessaire qu'une surveillance renforcée des tirants concernés soit mise en place à l'égard des risques d'aspersion ou d'exposition aux intempéries pour les tirants situés à l'extérieur des bâtiments.

Demande B6 : L'ASN vous demande d'identifier et mette en place une surveillance renforcée des tirants précontraints, qu'ils soient protégés contre la corrosion sous contrainte ou non, des matériels EIP susceptibles d'être exposés aux risques d'aspersion lors des opérations de lavage ou de maintenance et de ceux situés à l'extérieur des bâtiments susceptibles d'être exposés aux intempéries.

B.7. Contrôle de corrosion par substitution

Lors de l'inspection du 2 juin 2015 sur le réacteur n° 1 du CNPE de Flamanville, les inspecteurs de l'ASN ont observé les opérations de resserrage des tirants précontraints de la cuve⁵. Ces opérations incluent également la vérification de l'absence de corrosion généralisée des tirants. Toutefois, en raison de contraintes dosimétriques importantes qui rendent impossible la dépose de leur extrémité, un contrôle visuel complet n'a pas pu être réalisé sur l'ensemble de la longueur des tirants concernés conformément aux exigences des PBMP relatifs au contrôle des ancrages précontraints des matériels EIP.

En conséquence, sur la base d'une fiche de position des services centraux d'EDF en référence [16], le CNPE de Flamanville a réalisé un contrôle de substitution qui consiste à :

- insérer une tige comportant un absorbant sur toute la longueur accessible du fourreau et vérifier les éventuels dépôts, notamment d'humidité, lors de l'extraction de l'absorbant,
- réaliser un brossage puis contrôler visuellement d'absence de corrosion sur les parties accessibles des tirants (70 cm sur une longueur totale de 2 m).

L'absence de dépôt sur l'absorbant et de perte de matière sur les parties accessibles constatée sur 14 tirants contrôlés ont conduit le CNPE à conclure à l'absence de corrosion généralisée sur les tirants de la cuve.

L'ASN remarque que :

- La partie filetée située du côté non-déposé des tirants n'a pas été contrôlée ;
- Seuls 14 des 16 tirants de la cuve ont été contrôlés. Le contrôle de substitution n'a donc pas été réalisé sur 100 % des tirants précontraints de la cuve du réacteur n° 1 du CNPE de Flamanville comme le préconise la fiche de position en référence [16].

⁴ Le dispositif auto bloquant ne s'oppose pas aux mouvements lents (dilatation du circuit) mais se bloque en cas de sollicitation rapide (rupture de tuyauterie primaire ou séisme), de façon à limiter les déplacements du matériel en situation accidentelle.

⁵ Ces tirants, au nombre de quatre, équipent chaque boucle primaire et servent au maintien de la cuve horizontalement en cas de séisme ou de rupture de tuyauterie primaire.

Par ailleurs, l'ASN considère que l'absence d'humidité sur l'absorbant après insertion sur une partie de la longueur des tirants ne permet pas pour autant de détecter les éventuelles piqûres de corrosion et de conclure à l'absence de corrosion des tirants.

Demande B7 : L'ASN vous demande de définir et mettre en œuvre, pour les tirants précontraints qui ne peuvent être déposés mais dont l'intérieur des fourreaux reste accessible, un contrôle de substitution représentatif de l'absence de corrosion pouvant avoir un impact sur leur comportement. Les PBMP relatifs au contrôle des ancrages précontraints des matériels EIP devront être mis à jour pour prendre en compte cette configuration.

C. Tirants précontraints du réservoir RIS 004 BA

C.1. Tirants d'ancrage des réacteurs n° 2 de Dampierre et n° 3 de Tricastin

Dans le cadre du traitement de l'écart de conformité relatif à la tenue sismique du réservoir RIS 004 BA affectant des réacteurs du palier CPY, EDF a indiqué que, pour ce qui concerne les tirants des réservoirs des réacteurs n° 2 de Dampierre et n° 3 de Tricastin, les resserrages ont été réalisés en 2012 par l'application d'un couple de 675 N.m.

Ce couple était calculé en prenant l'hypothèse d'un acier trempé pour les tirants d'ancrages. Or les essais de caractérisation ont montré que l'acier des tirants était normalisé avec des caractéristiques mécaniques moindres. En conséquence, avec le couple de serrage appliqué en 2012, la contrainte équivalente dans les tirants pourrait dépasser la limite élastique de l'acier des tirants.

Par note en référence [12], EDF a analysé la nocivité du sur-serrage des tirants concernés et conclut que la tenue au séisme des réservoirs RIS 004 BA des réacteurs n° 2 de Dampierre et n° 3 de Tricastin n'est pas remise en cause. Ainsi, ces tirants peuvent rester en l'état jusqu'en 2022. Ils seront ensuite resserrés tous les 10 ans avec un couple appliqué de 394 Nm pour Dampierre et à chaque VP avec un couple appliqué de 447 N.m pour Tricastin.

L'ASN note que l'analyse de la nocivité réalisée ne porte que sur les parties lisses des tirants et non pas sur les parties filetées. Or les concentrations de contraintes les plus importantes ont lieu au niveau des zones filetées. Par ailleurs, la cinétique de perte de précontrainte dans les tirants « plastifiés » étant mal connue, la précontrainte actuelle dans les tirants ne peut pas être déterminée.

Compte tenu de ces éléments, l'ASN considère que la justification apportée par EDF sur l'acceptabilité du maintien en état des tirants d'ancrages jusqu'en 2022 et de la périodicité des resserrages est incomplète.

Demande C1 : L'ASN vous demande, sauf à justifier de l'acceptabilité de votre analyse, de mettre en œuvre des renforcements visant à limiter les efforts dans les tirants précontraints des réservoirs RIS 004 BA des réacteurs n° 2 de Dampierre et n° 3 de Tricastin ou, à défaut, de les remplacer. Vous transmettez à l'ASN l'éventuelle solution de remise en conformité retenue et l'échéance de déploiement associée.

C.2. Tirants d'ancrages des réacteurs n° 2 à 4 de Gravelines

Concernant le traitement des tirants précontraints des réservoirs RIS 004 BA des réacteurs n° 2 à 4 de Gravelines, EDF a indiqué qu'un resserrage à chaque visite partielle serait réalisé avec un couple à appliquer de 394 Nm.

Par note en référence [13], EDF a justifié la tenue au séisme de ces tirants précontraints. Comme indiqué dans cette note, afin de déterminer des efforts maximaux appliqués sur les tirants précontraints, les deux composantes des efforts en traction et en cisaillement sont définies à partir des chargements sismiques, des efforts dus aux tuyauteries et du poids du réservoir RIS 004 BA.

En ce qui concerne la détermination des efforts de traction maximaux des tirants, l'ASN remarque l'absence de prise en compte de l'effet combiné des deux directions horizontales du séisme dans la détermination du moment de renversement. Ceci conduit à minorer les efforts de traction dans les tirants. Or ce cumul des effets des deux directions horizontales du séisme a été pris en compte dans le calcul des efforts de cisaillement.

L'ASN considère que la minoration des efforts de traction maximaux, induite par l'absence de prise en compte de l'effet combiné des deux directions horizontales du séisme, pourrait remettre en cause le respect des critères de résistance et de stabilité requis avec un couple de serrage de 394 N.m.

Demande C2 : L'ASN vous demande de prendre en compte les effets cumulés des directions horizontales du séisme pour déterminer le couple de serrage à appliquer aux tirants précontraints des réservoirs RIS 004 BA des réacteurs n° 2 à 4 de Gravelines.

C.3. Tirants d'ancrages du réacteur n° 1 de Gravelines

Le réservoir RIS 004 Ba du réacteur n° 1 de Gravelines est ancré par 7 tirants de 30 mm de diamètre et un manchon de 30 mm vissé sur une tige de 18 mm de diamètre. Par note en référence [13], EDF a effectué une première analyse en considérant que le réservoir ne dispose que de 7 tirants de 30 mm (le huitième tirant n'était pas pris en compte). Cette première analyse n'a pas permis à EDF de confirmer la tenue au séisme du réservoir.

Une réparation a donc été effectuée, qui consistait à la mise en place d'une clame soudée au réservoir et ancrée au génie civil à l'aide de deux tiges filetées de diamètre 27 mm et scellées dans du micro béton. Dans la note en référence [6], EDF a étudié la résistance mécanique du nouvel ancrage et vérifié la tenue au séisme du réservoir.

La justification de la tenue au séisme du réservoir avec l'ancrage renforcé n'appelle pas de commentaire de la part de l'ASN. Toutefois, EDF n'a pas vérifié la suffisance de la rigidité des joints soudés des ancrages qui assurent le transfert des efforts jusqu'aux ancrages.

Demande C3 : L'ASN vous demande de préciser les contrôles effectués sur les joints soudés des ancrages du réservoir RIS 004 BA du réacteur n° 1 de Gravelines.

C.4. Détermination de la tension résiduelle des tirants

Pour les tirants des réservoirs RIS 004 BA des réacteurs de Gravelines et de Tricastin, la tension minimale requise TB et la tension résiduelle de serrage TA déterminée avec les couples de serrage indiqué par EDF sont très proches. EDF a donc prescrit un resserrage à chaque visite partielle, soit tous les deux ans.

Toutefois, l'ASN considère que la présence de produits de calage dans les fourreaux des tirants ne permet pas de prédire l'évolution de la tension dans les tirants sur le long terme. De plus, la méthode de serrage au couple ne permet pas de connaître avec précision la tension résiduelle effective dans les tirants afin de s'assurer de sa conformité par rapport à la tension requise.

Demande C4 : L'ASN vous demande d'étudier la possibilité de munir les tirants précontraints des réservoirs RIS 004 BA des réacteurs de Gravelines et de Tricastin d'un dispositif permettant de mesurer avec précision leur tension résiduelle.

D. Tirants antisismiques des butées du puits de cuve

Le puits de cuve est un cylindre en béton enveloppant la cuve et assurant notamment son support. La partie inférieure du puits de cuve des réacteurs palier CPY (hormis Cruas) ne repose pas sur le radier du bâtiment réacteur (le puits de cuve est « suspendu ») et son débattement latéral est bloqué au moyen de « butées » munies de tirants précontraints.

En 1996, EDF a constaté divers écarts sur les butées de puits de cuve : tirants rompus ou absents, tirants détendus, précontrainte insuffisante. Ces anomalies sont susceptibles de mettre en cause la stabilité du puits de cuve en cas d'accident (séisme, accident de perte de réfrigérant primaire).

Le traitement de ces écarts a notamment consisté à mettre en œuvre un programme de contrôle de rupture des tirants et de suivi de leur tension, à travers l'émission de la disposition transitoire DT n° 174 en référence [11] et du PBMP relatif aux structures internes du bâtiment réacteur en référence [14].

Ce PBMP précise les règles de remise en conformité après la détection de la rupture des tirants comme suit :

- Si l'on découvre un seul tirant rompu sur une même butée A, la remise en état sera réalisée lors de la VP suivant ;
- Si l'on découvre deux tirants rompus ou plus sur une même butée A, la remise en état sera réalisée lors de l'arrêt en cours.

Concernant le premier point, l'ASN note qu'EDF n'a pas apporté la justification de l'acceptabilité du délai de remise en conformité vis-à-vis du respect de la tension résiduelle minimale requise dans une butée de type A.

Ainsi, sans justification complémentaire apportée par EDF, l'ASN estime qu'il est nécessaire, lorsqu'une ou plusieurs butées ont un seul tirant cassé, de réaliser un contrôle de non-rupture de tous les tirants restants des butées concernées pendant l'arrêt pour simple rechargement qui intervient entre la VP de "découverte" des tirants cassés et la VP de "réparation".

Demande D1 : L'ASN vous demande, pour les tirants précontraints des butées de type A du puits de cuve :

- soit d'apporter la démonstration de l'acceptabilité du délai de remise en conformité prévu par le PBMP,
- soit d'intégrer, dans le PBMP associé, un contrôle de non rupture des tirants des butées concernées par l'écart.

Références

- [1] Courrier EDF D4550.32-11/8318 du 09/08/2011
- [2] Courrier EDF D4550.34-13/0796 du 21/02/2013 : « Tenue sismique des ancrages au séisme de la bache RIS 004 BA du palier CPY »
- [3] Courrier EDF D4550.34-13/1373 du 27/03/2013 : « Tenue sismique de la bache RIS 004 BA du palier CPY »
- [4] Courrier EDF D4550.34-13/2012 du 19/04/2013 : « Tenue sismique de la bache RIS 004 BA du palier CPY »
- [5] Télécopie AS 225A – RS n° 0113003 du 10/04/2013 : « Déclaration d'un événement significatif du domaine de sûreté suivant le critère ESS de la DI 100 »
- [6] Note EDF Nuvia Travaux spéciaux NC 11130-1 indice H du 12 juillet 2013 : « CNPE de Gravelines – 1 RIS 001 BA – Réparation du tirant défectueux »
- [7] Courrier EDF D4550.32-13/2471 du 05/06/2013 : « Tenue sismique de la bache RIS 004 BA du palier CP0 »
- [8] Note Coyne et Bélier 11 172-RP-001 révision D du 9 février 2003 : « Pertes de précontrainte différées des tirants d'ancrages du Génie Civil »
- [9] Règle BPEL 91 de 04/1992 : « Règles techniques de conception et de calcul des ouvrages et constructions en béton précontraint suivant la méthode des états limites »
- [10] Norme Européenne NF EN 1992-1-1 de 10/2005 : « Eurocode 2 – Calcul des structures en béton »
- [11] Disposition transitoire DT 174 indice 4 D4550.32-07/5646 du 09/07/2012 : « Butées antisismiques des puits de cuve CPY (hors Cruas) »
- [12] Note EDF D305513000986 du 12/04/ 2013 : « Synthèse des vérifications de la tenue au séisme SMHV et SMS des ancrages du réservoir RIS 004 BA des sites de Dampierre, Blayais, Saint-Laurent B et Tricastin du palier CPY »
- [13] Note EDF D305513001937 du 08/04/2013 : « Synthèse des vérifications de la tenue au séisme SMHV et SMS des ancrages du réservoir RIS 004 BA – Tranches 1 à 4 du CNPE Gravelines »
- [14] PB 900-AM 121-02 indice 1 du 28/06/2011 : « Programme de base de maintenance préventive – Génie civil IPS – Structures internes du bâtiment réacteur des CNPE 900 MWe – palier CPY »
- [15] Courrier EDF D455015009283 du 20/02/2015 : « Projet de recommandations de l'IRSN concernant la doctrine de maintenance des ancrages précontraints et les ancrages des réservoirs RIS 004 BA CPY »
- [16] Fiche de position EDF D455015009258 du 20/03/2015