



DIVISION DE CAEN

Hérouville-Saint-Clair, le 5 février 2015

N/Réf. : CODEP-CAE-2015-004887

**Monsieur le Directeur
de l'aménagement de Flamanville 3
BP 28
50 340 FLAMANVILLE**

OBJET : Contrôle des installations nucléaires de base
Inspection n° INSSN-CAE-2015-0586 du 22 janvier 2015

REF. : [1] Arrêté ministériel du 7 février 2012 modifié fixant les règles générales relatives aux installations nucléaires de base.

Monsieur le Directeur,

Dans le cadre des attributions de l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) concernant le contrôle des installations nucléaires de base prévu à l'article L. 592-21 du code de l'environnement, une inspection annoncée a eu lieu le 22 janvier 2015 sur le chantier de construction du réacteur de Flamanville 3, sur le thème de la précontrainte de l'enceinte interne du bâtiment réacteur.

J'ai l'honneur de vous communiquer, ci-dessous, la synthèse de l'inspection ainsi que les principales demandes et observations qui en résultent.

Synthèse de l'inspection

L'inspection du 22 janvier 2015 a concerné l'organisation de l'aménagement d'EDF pour la réalisation des opérations de mise en précontrainte¹ de l'enceinte interne du bâtiment réacteur. Les inspecteurs se sont fait présenter l'avancement des activités et ont vérifié la prise en compte des demandes formulées par l'ASN lors des précédentes inspections sur le même thème. Ils ont ensuite examiné par sondage la mise en œuvre des procédures sur le terrain et les procédures renseignées pour certaines activités déjà réalisées. Enfin, ils ont examiné l'adéquation du traitement des écarts rencontrés relatifs aux activités de mise en précontrainte depuis la dernière inspection de l'ASN sur le sujet.

Au vu de cet examen par sondage, l'organisation définie et mise en œuvre sur le site pour la réalisation des opérations de mise en précontrainte de l'enceinte interne du bâtiment réacteur apparaît globalement satisfaisante. En effet, les inspecteurs ont observé une bonne connaissance de l'activité par les

¹ Précontrainte : La précontrainte est une technique de construction des ouvrages en béton qui consiste à créer des efforts internes pour augmenter la résistance du béton aux efforts de traction. Cette technique nécessite de tendre des câbles dans des conduits noyés dans le béton. Dans le cas de l'EPR les câbles, constitués de 54 torons, sont ensuite figés et protégés par un coulis de ciment injecté dans les conduits.

différents intervenants et un renforcement notable des moyens humains et techniques à la suite des écarts rencontrés. Néanmoins, EDF devra rester vigilant à la traçabilité adéquate des opérations réalisées ainsi qu'à la rigueur de renseignement des documents opératoires. Par ailleurs, EDF devra justifier l'évolution des critères d'injection de coulis vis-à-vis des résultats obtenus sur les maquettes préalablement réalisées.



A Demandes d'actions correctives

A.1 Documentation et traçabilité des activités importantes pour la protection (AIP²)

L'article 2.5.6 de l'arrêté en référence [1] stipule que « *les activités importantes pour la protection, leurs contrôles techniques, les actions de vérification et d'évaluation font l'objet d'une documentation et d'une traçabilité permettant de démontrer a priori et de vérifier a posteriori le respect des exigences définies. Les documents et enregistrements correspondants sont tenus à jour, aisément accessibles et lisibles, protégés, conservés dans de bonnes conditions, et archivés pendant une durée appropriée et justifiée.* »

Les inspecteurs ont examiné la documentation mise en œuvre pour les opérations de mise en précontrainte et la traçabilité associée pour les AIP définies dans les procédures référencées HROQ16084 à l'indice I, HROQ16085 à l'indice M et HROQ16086 à l'indice G, respectivement pour les opérations d'enfilage, de mise en tension et d'injection des câbles de précontrainte. Il apparaît que la majeure partie des AIP définies dans ces procédures font l'objet d'une documentation et d'une traçabilité appropriées. Néanmoins, les inspecteurs ont constaté que certaines AIP ne faisaient pas l'objet d'une traçabilité permettant explicitement de vérifier *a posteriori* le respect des exigences définies. C'est notamment le cas pour les AIP référencées :

- 1.03, 1.05, 3.13 (notamment concernant la mise en place des mors), 3.14, 3.15 et 3.17 relatives à l'enfilage des câbles de précontrainte,
- 5.14, 5.15 et 6.03 (notamment concernant l'observation visuelle d'absence de détérioration anormale du béton) relatives à la mise en tension des câbles de précontrainte,
- 1.01 (notamment concernant le repérage du câble à chaque extrémité, la vérification de l'état de corrosion des torons et l'essai en pression de coulis des câbles d'injection) et 6.05 relatives à l'injection des câbles de précontrainte.

Je vous demande de veiller au respect des exigences de l'article 2.5.6 de l'arrêté en référence [1], notamment afin d'assurer une traçabilité permettant de démontrer *a posteriori* le respect des exigences définies. Vous me transmettez une mise à jour des procédures citées ci-dessus en adéquation avec ces exigences et vous prononcerez sur la conformité des opérations déjà réalisées avant cette mise à jour.

A.2 Rigueur de renseignement des documents opératoires

Lors de l'examen réalisé par sondage des fiches attestant de la conformité des activités d'injection des câbles horizontaux référencés H14, H17, H20, H26 et H29, les inspecteurs ont constaté que la fiche de suivi des essais dits « à la mèche » réalisés sur le coulis attestait de la conformité des résultats. Cependant, les valeurs renseignées relatives à l'essai de ressuage du coulis pendant 3 heures ne respectaient pas le critère défini. Vos représentants ont indiqué que cet écart avait été détecté et était en cours de traitement.

² AIP : Activité importante pour la protection au sens de l'arrêté en référence [1]

Cependant, au vu du fait que ces essais à la mèche sont considérés comme des AIP au sens de l'arrêté en référence [1] et que les résultats ont été considérés, en première analyse, conformes malgré le non-respect manifeste d'un critère défini, les inspecteurs considèrent qu'une attention particulière doit être portée sur le traitement de cet écart.

Je vous demande de m'informer du traitement de cet écart. Vous veillerez notamment à examiner le caractère potentiellement générique de cet écart, à analyser l'éventuelle incidence de cet écart sur la précontrainte de l'enceinte interne et à vous assurer des compétences et qualifications des intervenants ayant réalisé les contrôles concernés.

A.3 Comportement de l'enceinte interne pendant la mise en précontrainte

Les inspecteurs ont examiné le suivi régulier réalisé sur les déformations de l'enceinte interne au fur et à mesure de la mise en précontrainte, conformément à la réponse formulée par courrier ECFA 145624 du 20 octobre 2014 à la demande B1 de l'ASN exprimée par courrier CODEP-CAE-2014-038746 du 2 septembre 2014. Ils ont constaté que ce suivi était effectivement réalisé et n'identifiait pas à ce stade de déformation excessive de l'enceinte interne lors des premières opérations de mise en précontrainte.

Néanmoins, la fiche de surveillance, référencée FDS 1051 et mise à jour lors de chaque campagne de mesures des déformations, ne statue pas sur l'acceptabilité des déformations mesurées. Par ailleurs, aucun critère, permettant d'identifier une déformation excessive de l'enceinte interne, n'a été défini préalablement à la réalisation de ces mesures.

Je vous demande de définir les exigences à vérifier lors du suivi des déformations de l'enceinte interne au fur et à mesure de la mise en précontrainte. Vous veillerez à définir des critères permettant d'identifier une déformation excessive de l'enceinte interne.

B Compléments d'information

B.1 Acceptabilité des évolutions des critères d'injection

En préalable à l'inspection, vos représentants ont transmis une mise à jour de la procédure d'injection des conduits de précontrainte, référencée HROQ16086 à l'indice G. Lors de l'examen documentaire de cette procédure, les inspecteurs ont constaté que le critère de viscosité maximale du coulis thixotropé³ mesurée à l'entrée du conduit avant injection avait été relaxé de 200 à 220 cN.cm.

Ce critère d'injection, fixé initialement à 200 cN.cm, avait notamment été établi à l'issue d'une campagne de maquettes réalisées préalablement et faisant l'objet des rapports référencés HRNT33111 et HRNT33112 à l'indice A. Les principales conclusions avaient été présentées à l'ASN et à son appui technique lors d'une réunion technique sur site le 13 février 2014. Ces conclusions mettaient en exergue la définition d'un critère de viscosité maximale fixé à 200 cN.cm à l'entrée du conduit afin de se prémunir notamment d'un risque de défaut de remplissage en coulis des conduits, dû à un excès de thixotropie.

Vos représentants ont indiqué que le critère de viscosité maximale du coulis thixotropé mesuré à l'entrée du conduit avant injection avait essentiellement été défini pour se prémunir du risque de bouchage du conduit et de montée en pression lors de l'injection. Ce risque était effectivement pris en

³ Coulis thixotropé : il s'agit d'un coulis (eau + ciment) auquel est ajouté un additif dit « thixotropant ». Ainsi, ce coulis a une viscosité plus faible lorsqu'il est soumis à une contrainte (c'est le cas lors de l'injection des conduits notamment), sa viscosité augmentant ensuite lorsqu'il est mis au repos. Ces propriétés permettent de maîtriser les conditions de remplissage des conduits de précontrainte.

compte dans les conclusions de la campagne de maquettes réalisées. Néanmoins, aucun élément n'a pu être présenté le jour de l'inspection sur la prise en compte du risque de défaut de remplissage atypique dû à un excès de thixotropie.

Au vu des conclusions des maquettes, je vous demande de justifier la relaxation du critère d'injection présenté ci-dessus. Vous veillerez notamment à fournir des éléments sur la prise en compte du risque de défaut de remplissage atypique dû à un excès de thixotropie. Le cas échéant, vous veillerez à revoir le critère défini dans la procédure HROQ16086 à l'indice G et m'informerez des injections éventuellement réalisées à l'aide d'un coulis qui aurait présenté une viscosité ne respectant pas le critère finalement retenu.

B.2 Exigences définies pour la mise en œuvre de protections provisoires des torons

Lors de leur visite sur le chantier d'enfilage des câbles de précontrainte dits « gamma »⁴, les inspecteurs ont examiné la mise en place de protections provisoires des torons enfilés. Ils ont constaté que l'un des capots de protection ne présentait pas de trace de mastic apparente, ce qui laissait supposer que le mastic n'avait pas été appliqué. Par ailleurs, ils ont constaté que l'un des dispositifs de protection contre la pluie d'un des événements de capot n'avait pas été mis en place.

L'activité de mise en œuvre des protections provisoires étant considérée comme une AIP au sens de l'arrêté en référence [1] et conformément à la procédure référencée HROQ 16084 à l'indice I, il convient que les exigences associées à cette AIP soient définies et satisfaites.

Je vous demande de m'indiquer les exigences définies pour l'AIP de mise en œuvre des protections provisoires des câbles de précontrainte dits « gamma ». Si l'application de mastic et la mise en place du dispositif contre la pluie s'avèrent des exigences définies, je vous demande de m'informer du traitement des écarts constatés lors de l'inspection.

B.3 Traitement d'une non-conformité de mise en tension des câbles

Vos représentants ont informé les inspecteurs d'un écart relatif à la mise en tension des câbles de précontrainte. Une pièce mécanique des vérins utilisés aurait généré des artefacts de mesure pendant la mise en tension des câbles qui aurait pu conduire à une sous-estimation de la force de précontrainte appliquée. Ils ont présenté les premiers résultats des investigations menées qui vous ont conduit à corréliser la force mesurée sur le capteur de force avec la pression mesurée du circuit hydraulique des vérins. Selon vos premières conclusions, seul un câble pourrait nécessiter une nouvelle mise en tension.

Je vous demande de m'informer du traitement de cet écart. Par ailleurs, au vu des investigations conduites dans le cadre de la caractérisation de cet écart, vous vous prononcerez sur l'opportunité de corréliser systématiquement les mesures de force du capteur de force avec les mesures de pression d'huile du circuit hydraulique des vérins afin notamment de fiabiliser cette activité.

⁴ Pour réaliser la précontrainte de l'enceinte interne, il existe trois familles de câbles avec des géométries différentes : les câbles horizontaux et verticaux permettent la mise en précontrainte du fût (partie cylindrique) de l'enceinte interne ; les câbles dits « gamma » permettent la mise en précontrainte du dôme de l'enceinte interne.

B.4 Traitement d'une non-conformité relative à l'étanchéité des conduits de précontrainte

Les inspecteurs ont examiné le traitement des écarts rencontrés sur les activités de mise en précontrainte depuis la dernière inspection de l'ASN sur ce sujet. Ils se sont notamment intéressés à la fiche de non-conformité (FNC) référencée FA3-FNCp-YR2201-3143A, relative à la non-conformité d'une partie des tests en air réalisés sur les conduits de précontrainte verticaux. Ces tests sont réalisés préalablement à l'injection des câbles afin de s'assurer du niveau d'étanchéité des conduits et éviter ainsi une migration du coulis hors des conduits pendant l'injection.

L'analyse détaillée de cet écart vous a conduit à mener des vérifications sur un conduit particulier référencé V144, jugé représentatif. Ces vérifications ont montré l'absence de migration apparente du coulis dans les conduits de précontrainte adjacents et sur les faces de l'enceinte interne à proximité de ce conduit. Ainsi, vous avez poursuivi l'injection des câbles verticaux et dits « gamma » malgré le non-respect du critère d'étanchéité pour certains de ces câbles. Selon vos représentants aucun écart relatif à une migration du coulis n'a été rencontré depuis.

Néanmoins, au vu de la variabilité naturelle des phénomènes propres au béton et pouvant engendrer des chemins préférentiels de migration du coulis, les inspecteurs considèrent que des contrôles complémentaires pourraient être aisément menés sur un nombre de câbles plus important afin de s'assurer de l'absence de migration de coulis sur les faces de l'enceinte interne.

Je vous demande de vous prononcer sur la suffisance des contrôles effectués, objet de la FNC référencée FA3-FNCp-YR2201-3143A, vis-à-vis de la variabilité naturelle des phénomènes propres au béton et pouvant engendrer des chemins préférentiels de migration du coulis. Le cas échéant, vous veillerez à réaliser des contrôles complémentaires et à m'informer du résultat de ces contrôles.

C Observations

C.1 Gestion des écarts de chantier

Vos représentants ont présenté aux inspecteurs les différents écarts rencontrés sur les activités de mise en précontrainte et notamment sur la maîtrise de la qualité du coulis d'injection. Ils ont pris note des actions mises en œuvre par EDF et les intervenants extérieurs en charge de ces activités. Ils considèrent que des moyens techniques et humains ont été mis en œuvre de manière adéquate pour assurer la maîtrise de la qualité du coulis d'injection et la conservation des câbles enfilés ou mis en tension.



Vous voudrez bien me faire part de vos observations et réponses concernant ces points dans un délai qui n'excèdera pas un mois. Pour les engagements que vous seriez amené à prendre, je vous demande de bien vouloir les identifier clairement et d'en préciser, pour chacun, l'échéance de réalisation.

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

Le chef de division,

Signée par

Guillaume BOUYT