



DIVISION DE CAEN

A Caen, le 19 janvier 2021

N/Réf. : CODEP-CAE-2020-004063

**Monsieur le Directeur
de la Direction de Projet Flamanville 3
Route de la Mine
BP 28
50340 FLAMANVILLE**

Objet : Contrôle des installations nucléaires de base
EPR Flamanville – INB n° 167
Inspection n° INSSN-CAE-2020-0231 du 15 au 17 décembre 2020
Contrôle des essais de démarrage du réacteur EPR

Réf. : [1] Code de l'environnement, notamment son chapitre VI du titre IX du livre V
[2] Arrêté du 7 février 2012 modifié fixant les règles générales relatives aux installations nucléaires de base
[3] Courrier ASN CODEP-CAE-2020-021605 du 13 mars 2020 – Inspection INSSN-CAE-2020-0230 du 3 mars 2020
[4] Rapport définitif de sûreté de l'EPR de Flamanville, version demande de mise en service de 2019
[5] Note EDF YRPPERC000 indice E, Programme de principe d'essais (PPE), Circuit primaire, PPE RCP 000
[6] Note EDF YRREERC0106FA3 indice A, Relevé d'exécution d'essais RCP 106
[7] Note EDF YRREERC0116FA3 indice A, Relevé d'exécution d'essais RCP 116
[8] Note EDF YRREEASG101FA3 indice A, Relevé d'exécution d'essais ASG 101
[9] Note EDF GT ECEF061397, Guide type n°13 – POMPES
[10] Note EDF ECEF083026 indice D, Palier EPR : Évaluation de l'incertitude des chaînes de mesures analogiques
[11] Note fournisseur D02-IBUE-F-19-0498, EPR FA3 - Résultats des débits primaires aux EAC
[12] Note fournisseur JSR 6 GA 30563 indice B , GMPP EPR FA3 - Calculation of the on-site RCP flow rate before criticality during commissioning

Monsieur le Directeur,

Dans le cadre des attributions de l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) concernant le contrôle des installations nucléaires de base en référence [1], une inspection à distance a eu lieu du 15 au 17 décembre 2020 sur le thème du contrôle des essais de démarrage du réacteur de Flamanville 3.

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 15 au 17 décembre 2020 a concerné l'organisation définie et mise en œuvre par EDF pour réaliser et surveiller les essais de démarrage du réacteur EPR de Flamanville 3. A cet effet, les inspecteurs ont contrôlé le renseignement des relevés d'exécution d'essais (REE) et la conformité des résultats d'essais aux critères de sûreté. Ils se sont principalement focalisés sur le périmètre des essais réalisés sur les systèmes RCP¹ et ASG² durant la phase d'essais d'ensemble dite des « essais à chaud » (EAC).

Au vu de cet examen par sondage, l'organisation définie et mise en œuvre sur le site pour la réalisation, le suivi et la traçabilité des essais apparaît perfectible. Le renseignement des relevés d'exécution d'essais est globalement satisfaisant puisqu'il en permet le contrôle a posteriori. Toutefois, des écarts ont été relevés par les inspecteurs sur des résultats qui avaient déjà fait l'objet de plusieurs observations écrites de leur part. Il est attendu un renforcement de votre analyse de la conformité des résultats d'essai lorsque ceux-ci sont réalisés par plusieurs entités, et en particulier les services d'études des intervenants extérieurs.

A Demandes d'actions correctives

A.1 Calcul du débit primaire

Le débit d'eau du circuit primaire principal (CPP) doit respecter des valeurs minimales et maximales définies dans le rapport définitif de sûreté (RDS) en référence [4]. Les essais dénommés RCP106 et RCP116 ont pour objectif de contrôler le respect de la valeur maximale du débit dans la situation d'une cuve déchargée des éléments combustibles, en conditions d'arrêt à froid et d'arrêt à chaud. Ils ont aussi pour objectif de valider le fonctionnement des différents capteurs du contrôle commande utilisés pour le calcul du débit boucle affiché sur les pupitres des opérateurs.

Le circuit primaire du réacteur EPR ne disposant pas de capteurs de débit au niveau des boucles, il est déterminé par un calcul, réalisé par les services d'ingénierie, reposant sur des mesures physiques relevées pendant l'essai réalisé sur site et par l'utilisation d'un logiciel développé par un fournisseur. Cette méthode de calcul sera notamment utilisée pour déterminer le débit dans la cuve chargée d'éléments combustibles lors de la phase de montée en puissance.

A.1.a Maîtrise des incertitudes des mesures physiques

Les essais réalisés sur site consistent notamment à mesurer les grandeurs physiques permettant de déterminer d'une part la puissance transmise à l'arbre de chaque groupe motopompe primaire (GMPP) et d'autre part la différence de pression entre l'aval et l'amont de chaque GMPP (ΔP_{essai} mesurée avec le capteur d'essai 3RCPi121MPY et ΔP_{CC} mesurée avec les capteurs du contrôle commande 3RCPi83jMP).

S'agissant de la grandeur ΔP_{essai} , notre courrier en référence [3] du 13 mars 2020 avait signalé l'insuffisance de détail de son calcul dans la documentation d'essai, et ce notamment concernant le document en référence [11] qui constitue une annexe des gammes de résultats d'essais RCP106 et RCP116 en référence [6] et [7]. Vous avez transmis la note [11] à l'indice B en réponse le 1^{er} juillet 2020. Ce document avait suscité les interrogations des inspecteurs sur l'incertitude associée à la ΔP de 0,0216 bar. Vous avez adressé une nouvelle réponse le 13 août 2020 dans laquelle vous avez déclaré la détection d'une erreur et vous vous êtes engagé à transmettre la note en référence [11] corrigée dans une révision à l'indice C avant le 30 septembre 2020.

Dans le cadre du contrôle du 15 au 17 décembre 2020, vous avez transmis aux inspecteurs cette note en référence [11] à l'indice C, datée du 27 novembre 2020, intégrant les corrections demandées ainsi qu'une fiche réponse expliquant l'incertitude élargie associée à la ΔP_{essai} retenue de 0,0660 bar.

¹ RCP : Système du circuit primaire

² ASG : Système d'alimentation de secours des générateurs de vapeur

Toutefois les notes de résultats d'essais RCP106 et RCP116 en référence [6] et [7] indiquent que cette donnée est issue d'une moyenne de mesures enregistrées sur 20 minutes. Les mesures de ΔP_{essai} varient notablement, pour des raisons physiques prévisibles, avec des amplitudes excédant l'incertitude élargie retenue : un nombre significatif de mesures n'est pas compris dans un intervalle de $\pm 0,2$ bar autour de la valeur moyenne. Or aucune incertitude statistique associée à la fluctuation du mesurande, indépendante de l'incertitude de l'instrumentation, n'est considérée.

De plus les inspecteurs ont remarqué que les courbes de ΔP mesurées en fin de palier à chaud étaient toutes identiques dans la note de résultats d'essais RCP116 en référence [7], en incohérence avec les autres observations dans la même note ou dans la note relative à l'essai RCP106.

Enfin les inspecteurs se sont interrogés sur la prise en compte des effets de la température et du régime dynamique sur l'incertitude des capteurs d'essai 3RCPi121MPY, dont l'étalonnage a été contrôlé à la température du laboratoire en régime statique ; la littérature sur ce sujet indiquant que ces effets ne sont pas toujours négligeables³.

Je vous demande de corriger les courbes de mesure de pression différentielle en fin de palier à chaud de la note de résultats d'essais RCP116 en référence [7].

Je vous demande de déterminer l'incertitude de la valeur ΔP_{essai} obtenue par une moyenne de plusieurs mesures en prenant en compte le caractère aléatoire du phénomène mesuré.

Compte tenu des conditions d'utilisation du capteur d'essai, vous justifierez l'absence d'influence de la température et du régime dynamique sur son incertitude.

A.1.b Fiabilité des modélisations

Les calculs de débit primaire effectués dans le cadre des essais RCP106 et RCP116 reposent sur l'utilisation d'un logiciel développé par un de vos fournisseurs. Cet outil permet de déterminer les débits par un algorithme itératif exploitant les résultats des mesures sur site et plusieurs données relatives aux GMPP. Ce calcul peut être simplifié par l'équation :

$$Q = \frac{\eta(Q)}{K_{\text{corr}}(Q)} \frac{P_{\text{GMPP}}}{\Delta P_{\text{essai}}}$$

Avec :

- Q : le débit volumique primaire
- P_{GMPP} : la puissance électrique absorbée par le GMPP, mesurée sur site au cours de l'essai
- ΔP_{essai} : la pression différentielle, mesurée sur site au cours de l'essai
- $\eta(Q)$: le rendement du GMPP, modélisé en ce qui concerne la partie hydraulique
- $K_{\text{corr}}(Q)$: le facteur de correction d'implantation des capteurs, modélisé

Une des grandeurs modélisée de ce calcul a été l'objet de plusieurs observations des inspecteurs : celle du calcul du rendement de la pompe, dimensionnant le calcul de $\eta(Q)$ et dimensionnant l'incertitude du débit primaire au final. D'une part la note en référence [11] contient une erreur sur le schéma détaillant l'algorithme reconnue par votre fournisseur, d'autre part la note en référence [12] du fournisseur présente des courbes afférentes aux GMPP 1 et 3 incohérentes entre elles ainsi qu'avec les calculs effectués par l'outil.

Enfin les inspecteurs ont interrogé vos représentants quant à la détermination de cette donnée et de l'incertitude qui lui était associée. En effet, aucun essai réel des pompes installées sur l'EPR, n'a été réalisé pour déterminer leur rendement. Cette donnée, et son incertitude, ont été déterminées sur la base des caractéristiques des pompes telles que construites par une modélisation validées par des essais sur modèle réduit et des essais plein débit réalisés sur le palier N4.

³ Il est possible de se référer au dossier dédié du Laboratoire national de métrologie et d'essais (https://metrologie-francaise.lne.fr/sites/default/files/media/document/04_etalonnage-pression-dynamique-capteurs.pdf) ou aux ouvrages des techniques de l'ingénieur (références R2043 et R2090 par exemple)

Quant à l'autre grandeur $K_{corr}(Q)$ permettant de corriger la pression différentielle mesurée, la note du fournisseur en référence [12] précise que sa modélisation a été validée sur la base des essais sur modèle réduit. Toutefois le capteur d'essai 3RCPi121MPY et les capteurs du contrôle commande 3RCPi83jMP ne sont pas implantés aux mêmes endroits et cette note reste imprécise quant au capteur considéré.

Je vous demande d'apporter les corrections nécessaires aux différents documents afin de consolider les valeurs retenues concernant les rendements des pompes installées sur site. Vous me transmettez les informations justifiant ces rendements et leurs incertitudes.

Je vous demande de me confirmer la valeur de la correction appliquée à la mesure de pression différentielle mesurée pour déterminer ΔP_{essai} compte tenu de l'ambiguïté de la note explicitant son calcul.

En ce qui concerne la prise en compte des incertitudes de modélisation dans le calcul d'incertitude du débit de la boucle, vous justifierez que leur nature aléatoire est compatible avec une somme quadratique (indépendance et distribution) et qu'elles permettent bien d'atteindre la confiance attendue dans le respect du critère d'essai.

A.1.c Caractère démonstratif de l'essai

Les inspecteurs se sont interrogés sur le caractère démonstratif des essais permettant de vérifier le débit primaire basés sur le calcul précité (voir référence [5]). En effet les essais de motopompes consistent usuellement à vérifier par la mesure que les points de fonctionnement sont conformes aux données déclarées par le constructeur, notamment celle liant le débit et la pression différentielle (voir référence [9]). A cette intention le rapport définitif de sûreté en référence [4] prévoit dans son chapitre 5.4.1 des essais de comportement de chaque GMPP « *monté sur le circuit primaire* » selon ces termes :

« Durant la phase de mise en service de la tranche, les essais initiaux du circuit primaire permettront de valider le comportement hydraulique du GMPP monté sur le circuit primaire. [...] Des essais de comportement du GMPP sont effectués dans des phases d'essais à froid et à chaud de la tranche : - vérification du point de fonctionnement à froid et à chaud [...] »

Les inspecteurs considèrent que, en déduisant le débit des GMPP des données du constructeur, aucun essai dans le programme en référence [5] ne permet de vérifier le point de fonctionnement des GMPP tel que le prévoit le rapport de sûreté.

Je vous demande de m'indiquer comment vous procéderez à la vérification du point de fonctionnement à froid et à chaud des GMPP installés sur site, c'est-à-dire comment vous vérifierez les données annoncées par le constructeur.

Si vous considérez l'impossibilité d'une mesure du débit directe ou indirecte, vous en apporterez la justification.

A.2 Validation des capteurs du contrôle commande 3RCPi83jMP

Le programme de principe d'essais (PPE) en référence [5] explicite le critère associé à la validation des capteurs du contrôle commande 3RCPi83jMP, par comparaison des mesures avec le capteur d'essai 3RCPi121MPY. La différence de mesures doit être inférieure avec un seuil défini par les incertitudes des différents capteurs :

$$\xi_{validation} = \frac{|\Delta P_{essai} - \Delta P_{CC}| < \xi_{validation}}{\sqrt{\varepsilon(\Delta P_{essai})^2 + \varepsilon(\Delta P_{CC})^2}}$$

Avec $\varepsilon(x)$: « l'incertitude de la chaîne de mesure » du capteur x.

Toutefois les notes de résultats d'essais RCP106 et RCP116 en référence [6] et [7] dévient de cette méthode. En effet leurs annexes D et E définissent $\xi_{validation}$ en introduisant un terme relevant d'une erreur systématique liée aux différences d'implantation des prises de mesure. Ce terme doit servir à corriger la mesure des capteurs et ne peut pas être utilisé pour élargir la tolérance.

De plus ces annexes n'utilisent pas la grandeur d'incertitude élargie $U(\Delta P_{essai})$ de 0,0660 bar précitée mais la valeur prévisionnelle de 0.245 bars, alors que les notes de résultats d'essais en référence [6] et [7] explicitent dans le tableau des critères d'acceptation, qu'une modification des incertitudes prévisionnelles aurait dû conduire à déterminer une nouvelle valeur de $\xi_{validation}$. Ces annexes ne présentent pas non plus une valeur cohérente avec l'incertitude élargie $U(\Delta P_{CC})$ de 0,1 bar explicitée dans le §8.4 de la note en référence [10].

Quoiqu'il en soit, il est singulier qu'un critère d'essai soit d'autant plus relaxé que l'instrumentation et la méthode sont imprécises. Les inspecteurs considèrent que le critère de validation des capteurs du contrôle commande n'est pas suffisamment défini dans la procédure d'essai pour permettre d'apporter le niveau de démonstration attendu, au regard de l'exigence associée à l'élaboration du signal de protection par ces capteurs (voir chapitre 15.1 du rapport définitif de sûreté en référence [4]). Ces observations sont a priori aussi valables pour le critère d'intercalibration.

Je vous demande de définir précisément le critère de validation et d'intercalibration des capteurs 3RCPi83jMP permettant de garantir le respect des hypothèses de la démonstration de sûreté avec une confiance de 95% afférentes aux signaux de protection explicités dans les tableaux 12 et 17 du chapitre 15.1 du rapport définitif de sûreté en référence [4].

Vous explicitez notamment l'exigence définie associée à ces critères et la méthode de prise en compte des incertitudes de mesures.

A.3 Surveillance d'EDF

La réalisation des essais et l'élaboration des notes de résultats sont des activités importantes pour la protection (AIP) au sens de l'arrêté du 07 février 2012 en référence [2]. La rédaction des documents [6] et [7] et des différents documents les complétant étant effectuée par des intervenants extérieurs, il est attendu que vous mettiez en œuvre des actions adaptées de vérification (articles 2.5.1 et suivants) constituant des actions de surveillance (articles 2.5.2 et suivants). Ces actions visent notamment à garantir le respect des exigences définies afférentes aux équipements fournis, et doivent être adaptées à l'importance pour la démonstration de sûreté des différentes AIP.

Les inspecteurs ont noté que votre surveillance de réalisation des essais sur site était adaptée. Toutefois compte tenu des différentes observations précitées, les inspecteurs considèrent que l'analyse des résultats d'essais, lorsque celle-ci est effectuée par des services d'études d'intervenants extérieurs, n'a pas fait l'objet d'une surveillance suffisante.

Je vous demande de veiller au respect l'arrêté du 07 février 2012 en référence [2] en vous assurant en particulier que les analyses par les services d'études des intervenants extérieurs des résultats d'essais fassent bien l'objet de la surveillance adaptée au respect des exigences définies, et selon les modalités de documentation disposées par l'article 2.5.6.

Plus particulièrement vous détaillerez les actions de surveillance que vous avez programmées et mises en œuvre en ce qui concerne l'élaboration des différentes notes d'étude de votre fournisseur relatives aux essais RCP106 et RCP116.

B Compléments d'information

B.1 Inhibition des ordres de protection du réacteur

La note de résultats de l'essai ASG 101 en référence [8] précise que « *durant tout l'essai s'assurer que le niveau GV ne dépasse pas MAX1 GL* ». Toutefois les inspecteurs ont remarqué que ce niveau était souvent dépassé sans justification.

Je vous demande de vérifier les conséquences du non-respect de la procédure d'essai.

C Observations

Les inspecteurs ont remarqué que le rendement du GMPP retenu dans le cadre des essais périodiques BIL100 défini dans la note ECECS140752 indice B n'était pas cohérent avec la définition du programme de principe d'essais en référence [5].



Vous voudrez bien me faire part de vos observations et réponses concernant ces points dans un délai qui n'excèdera pas deux 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.

Conformément à la démarche de transparence et d'information du public instituée par les dispositions de l'article L. 125-13 du code de l'environnement et conformément à l'article R. 596-5 du code de l'environnement, je vous informe que le présent courrier sera mis en ligne sur le site Internet de l'ASN (www.asn.fr).

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

Le chef de division,

Signé

Adrien MANCHON