



DIVISION DE CAEN

Caen, le 24 avril 2018

N/Réf. : CODEP-CAE-2018-019467

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

**OBJET :** Contrôle des installations nucléaires de base  
EPR Flamanville - INB n° 167  
Inspection n° INSSN-CAE-2018-0143 des 27 et 28 février 2018  
Montages mécaniques

**Réf. :** Cf. annexe

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 annoncée a eu lieu les 27 et 28 février 2018 sur le chantier de construction du réacteur de Flamanville 3 sur le thème des montages mécaniques.

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 des 27 et 28 février 2018 a concerné l'organisation mise en œuvre par EDF pour la réalisation du soudage des équipements pour lesquels EDF a mis en œuvre une démarche dite « d'exclusion de rupture » (ER) qui implique un renforcement des exigences de conception, de fabrication et de suivi en service<sup>1</sup>. Ces exigences de haute qualité viennent s'ajouter aux exigences de la réglementation des équipements sous-pression nucléaire et du code en référence [2]. Cette inspection fait suite à l'événement significatif pour la sûreté déclaré par EDF par courrier en référence [3] et faisant l'objet du compte-rendu en référence [4]. Les inspecteurs ont essentiellement procédé à un examen de la documentation mise en œuvre pour la réalisation des lignes principales d'évacuation de la

---

<sup>1</sup> Le renforcement des exigences doit être suffisant pour pouvoir considérer que la rupture de ces tuyauteries est hautement improbable. Il permet alors à l'exploitant de ne pas étudier intégralement les conséquences d'une rupture de ces tuyauteries dans la démonstration de sûreté de l'installation.

vapeur<sup>2</sup>. Ils ont notamment été attentifs aux éléments permettant d'établir une chronologie des faits, aux éléments techniques permettant de caractériser les propriétés mécaniques des soudures réalisées et à la surveillance mise en œuvre par EDF sur le fabricant des équipements et l'entreprise en charge de la réalisation des soudures.

Au vu de cet examen par sondage, l'organisation définie et mise en œuvre par EDF pour la réalisation des lignes principales d'évacuation de la vapeur apparaît très insuffisante. Notamment, les inspecteurs ont relevé que :

- les exigences de la démarche ER n'apparaissent toujours pas notifiées au fabricant de manière satisfaisante ;
- la chronologie établie par EDF ne semble toujours pas suffisante et ne permet pas de tirer tout le retour d'expérience de l'événement significatif associé ;
- certains écarts rencontrés lors de la réalisation des assemblages témoins de soudage<sup>3</sup> et de l'analyse des résultats d'essais associés ne sont pas documentés dans les rapports concernés ;
- la représentativité des assemblages témoins de soudage vis-à-vis des soudures de production n'a pas fait l'objet d'une démonstration suffisante au vu de l'ensemble des écarts rencontrés ;
- la surveillance des intervenants extérieurs par EDF n'a pas permis de mettre en œuvre des actions correctives réactives et adaptées ;
- l'analyse des causes techniques qui ont conduit à mesurer des valeurs de résilience hétérogènes lors des essais destructifs menés sur les assemblages témoins n'est pas encore aboutie.

Par ailleurs, EDF doit encore apporter des compléments sur plusieurs points qui n'ont pu faire l'objet d'une analyse suffisamment approfondie lors de l'inspection.



## **A Demands d'actions correctives**

### **A.1 Notification des exigences ER aux intervenants extérieurs**

L'article 2.5.1 de l'arrêté en référence [5] exige que « *l'exploitant identifie les éléments importants pour la protection, les exigences définies afférentes et en [tienne] la liste à jour* ». L'article 2.2.1 de ce même arrêté exige que « *l'exploitant notifie aux intervenants extérieurs les dispositions nécessaires à l'application du présent arrêté* ».

Les inspecteurs ont examiné les éléments contractuels entre EDF et le fabricant et entre le fabricant et l'entreprise en charge de la réalisation des soudures des tuyauteries principales d'évacuation de la vapeur. En effet, le compte-rendu d'événement significatif en référence [4] identifie des causes profondes relatives à une prescription inadaptée des exigences ER dans ces documents contractuels.

De cet examen, les inspecteurs retiennent les points suivants :

- Les documents contractuels entre EDF et le fabricant consultés n'identifient pas de manière suffisamment précise les exigences ER,

---

<sup>2</sup> Lignes principales d'évacuation de la vapeur : Tuyauteries transportant la vapeur sous pression, produite dans les générateurs de vapeur, vers la turbine. Sur un réacteur de type EPR, elles sont au nombre de quatre. Ces tuyauteries servent essentiellement au refroidissement par les générateurs de vapeur de l'eau du circuit primaire et donc du combustible nucléaire contenu dans la cuve du réacteur.

<sup>3</sup> Assemblages témoins de soudage : outre les contrôles destructifs réalisés sur les soudures de production et permettant de détecter d'éventuels défauts dans les soudures réalisées, des assemblages témoin sont réalisés dans des conditions représentatives des soudures de production et font l'objet d'essais destructifs afin notamment de vérifier les caractéristiques mécaniques des soudures ainsi réalisées.

- A la suite de l'inspection de l'ASN réalisée sur site le 21 février 2017, le document en référence NAR-A N°198 révision 0, a été émis le 26 avril 2017 par le fabricant vers l'entreprise en charge de la réalisation des soudures des tuyauteries principales d'évacuation de la vapeur pour notamment prescrire, pour les prochaines soudures, la réalisation d'essais de flexion par choc à -20°C et la vérification des valeurs de résilience associées ainsi que, pour les soudures déjà réalisées sur site, la réalisation d'une revue documentaire et d'essais complémentaires pour contrôler le respect de ces valeurs. Ce document a été révisé le 1<sup>er</sup> août 2017 pour y inclure notamment d'autres valeurs d'essais mécaniques à vérifier et la réalisation de traitements thermiques de détensionnement pour certaines soudures n'en ayant pas fait l'objet initialement.

Les inspecteurs ont ainsi relevé qu'en dépit des écarts détectés dès 2013 qui auraient pu conduire à l'identification des causes profondes susmentionnées, la réalisation des soudures des tuyauteries principales d'évacuation de la vapeur s'est poursuivie sans que les exigences ER ne soient explicitement détaillées dans les documents contractuels entre EDF et le fabricant. Les inspecteurs ont noté que certaines exigences ER ont été contractualisées en avril et en août 2017 entre le fabricant et l'entreprise en charge de la réalisation des soudures des tuyauteries principales d'évacuation de la vapeur : cette contractualisation ne couvre néanmoins pas l'ensemble des exigences ER.

**Je vous demande d'identifier les exigences définies pour les équipements pour lesquels le référentiel ER est valorisé et de notifier au fabricant les dispositions nécessaires au respect de ces exigences pour la fourniture et la fabrication de ces équipements.**

## **A.2 Chronologie détaillée de l'événement et prise en compte du retour d'expérience**

L'article 2.6.5 de l'arrêté en référence [5] exige notamment que « *l'exploitant réalise une analyse approfondie de chaque événement significatif. A cet effet, il établit et transmet à l'Autorité de sûreté nucléaire, dans les deux mois suivant la déclaration de l'événement, un rapport comportant notamment les éléments suivants :*

- *la chronologie détaillée de l'événement ;*
- *la description des dispositions techniques et organisationnelles prises immédiatement après la détection de l'événement, notamment les actions curatives ;*
- *l'analyse des causes techniques, humaines et organisationnelles de l'événement ;*
- *une analyse des conséquences réelles et potentielles sur la protection des intérêts mentionnés à l'article L. 593-1 du code de l'environnement ;*
- *les enseignements tirés ainsi que les actions préventives, correctives et curatives décidées et le programme de leur mise en œuvre. »*

L'absence de déclinaison opérationnelle d'exigences de fabrication spécifiques à l'exclusion de rupture pour les lignes primaires et vapeur principales a conduit EDF à déclarer un événement significatif pour la sûreté (ESS) par courrier en référence [3]. Par courrier en référence [4], EDF a transmis à l'ASN un rapport présentant l'analyse réalisée au 2 février 2018 de cet événement et indique prévoir une mise à jour ultérieure lorsque cette analyse sera finalisée.

Les inspecteurs se sont notamment intéressés à la chronologie des faits présentés dans ce rapport. Ils ont notamment relevé les points suivants :

- le non-respect des délais de réalisation et de dépouillement des assemblages témoins, mentionnés dans la demande A.3, a contribué à la détection tardive des écarts affectant les soudures réalisées en usine de 2012 à 2013 ;
- les valeurs non-conformes de résilience mesurées sur des assemblages témoin représentatifs des soudures réalisées en usine de 2012 à 2013 ont été découvertes par l'entreprise en charge de la réalisation de ces soudures dès octobre 2013 et juin 2014. Pour autant, aucune documentation de ces écarts ne semble avoir été émise à l'époque. Par ailleurs, vos représentants ont indiqué qu'EDF avait été informé de ces écarts par l'entreprise et le fabricant le 24 août 2015 sans pouvoir donner d'élément chronologique sur le traitement de ces écarts de 2013 à cette date ;

- vos représentants ont indiqué que la mise en œuvre de soudures des tuyauteries principales d'évacuation de la vapeur avait débuté en avril 2015 sur site alors que le rapport en référence [4] indique que ces activités ont débuté en 2016 ;
- vos représentants ont indiqué que dès août 2015, les activités concernées ont été suspendues sur site et qu'au vu des échanges techniques de l'époque, la décision avait été prise en octobre 2015 de reprendre les activités en imposant, pour la suite des montages, l'utilisation de modes opératoires de soudage permettant d'obtenir des valeurs élevées de résilience sur la base des Qualifications de Mode Opérateur de Soudage (QMOS) associées. Cette décision est d'ailleurs évoquée dans le rapport en référence [4]. Néanmoins, aucune documentation officielle associée à cette décision de 2015 n'a pu être fournie aux inspecteurs. Après l'inspection, vos services ont transmis un imprimé de courriel d'un agent du fabricant demandant la reprise immédiate des activités le 9 novembre 2015 sans mentionner les modes opératoires de soudage à mettre en œuvre. Dans toute la documentation consultée par les inspecteurs, la liste de ces modes opératoires de soudage semble n'avoir été formalisée que le 26 avril 2017 dans le document référencé NAR-A N°198 révision 0 ;
- les documents émis de 2012 à fin 2015 et consultés par les inspecteurs ne formalisent pas *a priori* d'écarts aux exigences ER et interrogent sur la date de détection de ces écarts et de l'événement significatif associé. Cet élément est d'autant plus important que les activités de soudure des lignes principales d'évacuation de la vapeur se sont poursuivies sur site à partir de novembre 2015 *a priori* sans action corrective appropriée et documentée et ce jusqu'à la détection de l'absence de prise en compte des exigences ER pour ces soudures lors de l'inspection ASN du 21 février 2017. Par la suite, des revues documentaires et des essais complémentaires ont permis d'identifier des écarts aux exigences ER pour les soudures réalisées sur site et de mettre en œuvre des actions correctives.

**A.2.1 Je vous demande de me fournir une chronologie détaillée des faits entre le début des fabrications en usine en 2012 jusqu'à la déclaration de l'événement significatif par courrier en référence [3]. Vous veillerez à identifier l'ensemble des écarts aux exigences ER détectés, les dates de détection de ces écarts et les dates de mise en œuvre d'actions correctives appropriées ainsi que les documents associés.**

**A.2.2 Par ailleurs, lors de la mise à jour du rapport transmis par courrier en référence [4], il conviendra que l'ensemble des éléments mis en évidence dans cette chronologie et ayant un rôle dans les causes techniques, humaines et organisationnelles de l'événement, notamment tout élément ayant participé à la détection tardive de l'événement, soient analysés. Cette mise à jour inclura l'ensemble des enseignements tirés à la suite de cette inspection, ainsi que les actions techniques et organisationnelles de natures préventives, correctives et curatives décidées et le programme de leur mise en œuvre.**

### **A.3 Délais de réalisation et de dépouillement des assemblages témoin et justification de leur représentativité**

Le rapport de sûreté en référence [14] prend en considération dans son référentiel technique le code de conception et de construction en référence [2]. Ce code énonce les principes pour la réalisation des assemblages témoin et notamment exige au paragraphe S7822 et S7840 qu'« *[... il soit réalisé pour les soudures de tuyauteries de niveau 1, 2 et 3] un assemblage témoin au terme des deux premiers mois de fabrication [...et que] l'assemblage témoin de soudage doit être dépouillé le plus rapidement possible et en tout état de cause moins de deux mois après la fin des opérations de soudage et de traitement thermique [...]* ».

Ce même code énonce les principes pour la réalisation des assemblages témoin et notamment exige au paragraphe S7810 que :

« Les assemblages témoins doivent être représentatifs des assemblages du matériel auquel ils se rapportent. Les métaux de base et les produits d'apport doivent être conformes aux prescriptions des spécifications d'approvisionnement et de recette. Le métal de base ou assimilé (cas des beurrages, revêtements...) doit par ordre de préférence :

- Etre prélevé dans les produits approvisionnés pour la fabrication de ce matériel,
- Provenir de l'une des coulées utilisées pour cette fabrication.

En cas d'impossibilité technique sur ces deux points, la Fabricant définira les dispositions qu'il prend pour assurer la représentativité du métal de base ».

Lors de l'inspection du 21 février 2017, objet du courrier en référence [6], vos représentants et les responsables des entreprises en charge de la réalisation du soudage avaient fait part aux inspecteurs de difficultés importantes et qui perduraient pour le respect des délais susmentionnés. Sur ce sujet, les inspecteurs avaient relevé que la surveillance d'EDF sur les intervenants extérieurs avait permis de mettre en exergue ces dépassements de délais sans que des actions correctives ne semblent avoir été initiées. Ainsi, l'ASN avait formulé des demandes de mise en œuvre d'actions correctives pour veiller au respect de ces délais ainsi qu'une demande de positionnement sur la représentativité des assemblages témoin au vu des difficultés rencontrées sur les délais de réalisation susmentionnés et sur l'approvisionnement de métaux de base représentatifs des métaux utilisés pour les soudures de production. Vous avez répondu à ces demandes par les courriers en références [7], [8] et [9] en indiquant la démarche générale mise en œuvre. Au vu des écarts rencontrés lors de la réalisation des soudures des tuyauteries principales d'évacuation de la vapeur, les inspecteurs ont examiné par sondage la réalisation des assemblages témoin associés à ces équipements pour les soudures réalisées en usine et sur site.

Il apparaît que le délai de deux mois entre la première soudure de production et la réalisation des assemblages témoin est notablement dépassé dans plusieurs cas. Par ailleurs, le délai de réalisation des essais mécaniques une fois les assemblages témoin soudés peut atteindre plusieurs mois et jusqu'à 7 à 8 mois pour les assemblages témoin réalisés en usine en 2013 et 2014. Ces délais cumulés concourent à la détection tardive d'éventuels écarts dans les propriétés mécaniques des joints soudés en cours de réalisation. Les inspecteurs retiennent que ces éléments ont contribué à la détection tardive des écarts affectant les soudures réalisées en usine.

Par ailleurs, les dépassements importants du délai de deux mois susmentionné interrogent sur la représentativité des assemblages témoin vis-à-vis des soudures de production. Notamment, pour les soudures réalisées sur site, vous indiquez dans votre réponse par courrier en référence [9] que les assemblages témoin « ont été réalisés dans des conditions similaires à celles des soudures de production étant donné que les conditions d'ambiance (température, hygrométrie, propreté des zones de travail) ont été maintenues à des niveaux équivalents pendant toute la durée des soudures de production ». Au vu de certains dépassements importants de délais et des conditions d'ambiance en évolution pendant la réalisation des soudures de production sur site de 2015 à 2018, notamment dans les locaux à l'extérieur du bâtiment réacteur, il apparaît important que la représentativité des assemblages témoin mis en œuvre pour les soudures des tuyauteries principales d'évacuation de la vapeur soit réexaminée au cas par cas.

Les inspecteurs ont relevé que certains de ces dépassements de délai avaient fait l'objet de fiches de non-conformité statuant sur une acceptation en l'état des écarts relevés, les résultats des essais mécaniques réalisés sur les assemblages témoin étant considérés conformes. Cependant, aucune analyse n'est documentée sur le caractère représentatif des assemblages témoin vis-à-vis des soudures de production alors que ceci constitue *a priori* le fondement des délais exigés par le code en référence [2].

En outre, les inspecteurs ont relevé que plusieurs assemblages témoin avaient été réalisés en utilisant des métaux de base qui n'étaient pas spécifiquement approvisionnés pour la fabrication des tuyauteries principales d'évacuation de la vapeur et qui ne provenaient pas de l'une des coulées utilisées pour cette fabrication. Les dispositions mises en œuvre avaient fait l'objet de la réponse par courrier en référence [8]. Au vu des écarts rencontrés sur les soudures des tuyauteries principales d'évacuation de la vapeur, il

apparaît important qu'une revue documentaire exhaustive soit initiée sur la mise en œuvre adéquate de ces dispositions afin de garantir la représentativité des assemblages témoin ainsi réalisés.

Enfin, le courrier en référence [10] mentionne l'absence de réalisation de traitement thermique de détensionnement (TTD) pour certaines soudures. Ces TTD ont été réalisés *a posteriori* sur les soudures de production mais n'ont pu être réalisés sur les assemblages témoins associés ayant déjà fait l'objet de contrôles destructifs.

**A.3.1 Je vous demande pour l'ensemble des assemblages témoin relatifs aux soudures des tuyauteries principales d'évacuation de la vapeur de m'apporter les éléments de démonstration relatifs à la représentativité de ces assemblages témoin vis-à-vis des soudures de production. Vous veillerez à la prise en compte dans cette démonstration de l'impact des dépassements de délais susmentionnés, de la conclusion de la revue menée sur la représentativité des métaux de base mis en œuvre et de votre analyse sur l'absence de réalisation de TTD pour certains assemblages témoins. Vous me transmettez un bilan des vérifications effectuées en indiquant, pour chaque assemblage témoin, votre analyse des éventuels dépassements de délais associés et des éléments relatifs aux métaux de base mis en œuvre.**

Les inspecteurs ont souhaité examiner les causes ayant mené à ces dépassements de délais. Pour les soudures de préfabrication réalisées en usine, la fiche de non-conformité référencée 41128016A370 en révision 3 identifie la cause suivante : « Le déclenchement des coupons témoins est bien réalisé suivant l'échéancier mais leur réalisation (soudage et essais) ne respecte pas les délais fixés. En production, la priorité est donnée à l'avancement de l'affaire et la programmation des essais n'est pas suivie ». Pour autant, aucune action corrective ne semble avoir été mise en œuvre.

Pour les soudures réalisées sur site, les inspecteurs retiennent des échanges avec vos représentants que les besoins en approvisionnement de métaux de base pour la réalisation des assemblages témoin n'avaient pas été suffisamment anticipés. Il apparaît que des actions correctives n'ont été mise en œuvre qu'en réponse par courrier en référence [8] à une demande de l'ASN.

**A.3.2 Je vous demande de me transmettre votre analyse approfondie des causes des dépassements de délais rencontrés pour les soudures réalisées en usine et sur site.**

#### **A.4 Documentation des écarts rencontrés sur les assemblages témoin**

La norme NF EN ISO 15614-1 admet le recours à des contre-essais mécaniques sous certaines conditions.

Le rapport de sûreté en référence [14] prend en considération dans son référentiel technique le code de conception et de construction en référence [2]. Ce code porte des exigences complémentaires dont notamment les exigences suivantes des paragraphes S7850 et S3200 :

« [...] Les séries d'essais à effectuer sur l'assemblage témoin de production et les résultats à obtenir sont les mêmes que pour les assemblages d'essais de qualification de mode opératoire de soudage (cf. S3000) [...] ».

« §7.4.5 Essai de flexion par choc

a) Pour les aciers des groupes 1 à 6

a1) Dans le métal déposé

o Pour les matériels de niveau 1, les résultats de chaque série d'essais (3 éprouvettes) doivent satisfaire aux exigences suivantes :

A 0°C 60J minimum en valeur moyenne

42J minimum en valeur individuelle (un seul résultat peut être en dessous de la valeur moyenne garantie) [...]

#### « §7.6 Contre essais

*S'il peut être montré qu'un mauvais résultat provient d'une mauvaise exécution de l'essai, ou de la présence d'un défaut dans l'éprouvette, le résultat concerné peut ne pas être pris en compte, et l'essai sera refait. Les contre-essais ne sont autorisés que pour les essais de flexion par choc. »*

Pour le cas des assemblages témoin valorisés pour les soudures de préfabrication réalisées en usine, les inspecteurs ont relevé les points suivants :

- le document de suivi d'intervention pour la réalisation de l'assemblage témoin référencé CT13-0010 indique la réalisation d'essais mécaniques le 17 octobre 2013, la réalisation d'un nouveau prélèvement d'éprouvette le 27 mai 2014 et de nouveaux essais le 11 juin 2014. Les résultats de ces essais sont référencés dans le rapport de réalisation de l'assemblage témoin et indique les valeurs suivantes en peau de la soudure :

- 56J – 64J – 58J en valeurs individuelles et 59J en valeur moyenne pour l'essai initial
- 86J – 82J – 58J en valeurs individuelles et 75J en valeur moyenne pour le contre-essai n° 1
- 76J – 70J – 94J en valeurs individuelles et 80J en valeur moyenne pour le contre-essai n° 2

- le document de suivi d'intervention pour la réalisation de l'assemblage témoin référencé CT13-0434 indique le début des essais mécaniques le 12 juin 2014, des prélèvements complémentaires le 18 juin 2014 et une fin des essais le 26 juin 2014 et indique les valeurs suivantes en peau de la soudure :

- 52J – 42J – 54J en valeurs individuelles et 49J en valeur moyenne pour l'essai initial
- 70J – 62J – 92J en valeurs individuelles et 74J en valeur moyenne pour le contre-essai n° 1

- une annotation manuscrite est réalisée pour indiquer que la moyenne des six valeurs est de 62J.

Il apparaît ainsi que des contre-essais ont été réalisés sans démonstration que les mauvais résultats initiaux étaient dus à une mauvaise exécution de l'essai ou à la présence de défaut dans les éprouvettes. Par ailleurs, pour chaque assemblage témoin, plusieurs résultats sont en dessous de la valeur moyenne garantie exigée pour ce type de matériel de niveau 1. Malgré ces points, les rapports consultés concluent à la conformité des essais mécaniques associés.

Ces écarts ont fait l'objet d'échanges entre le fabricant et l'organisme habilité mandaté par l'ASN pour l'évaluation de conformité des équipements sous pression nucléaire (ESPN) à partir de 2015 à la suite de la transmission de ces rapports alors que les équipements concernés étaient déjà en cours d'installation sur le site. Néanmoins, aucune fiche de non-conformité relative expressément à ces écarts ne semble avoir été ouverte alors que ces échanges semblent avoir mis en exergue plusieurs points nécessitant des justifications. Par ailleurs, le traitement de ces écarts semble être à l'origine de la détection de non-prise en compte des exigences ER faisant l'objet de la déclaration d'ESS en référence [3] et du compte-rendu en référence [4].

**A.4.1 Je vous demande de documenter de manière adéquate l'ensemble des écarts relatifs aux assemblages témoin référencés CT13-0010 et CT13-0434, notamment ceux ayant fait l'objet d'échange entre le fabricant et l'organisme mandaté par l'ASN, et de les intégrer aux rapports de réalisation de ces assemblages témoin. Vous me fournirez les rapports ainsi complétés.**

Des essais complémentaires ont été mis en œuvre entre avril 2017 et juillet 2017 sur les assemblages témoin relatifs aux soudures réalisées sur site ; ces essais font suite à l'inspection ASN du 21 février 2017. Certains de ces essais n'ont pu être réalisés par manque de matière restante. Les essais réalisés ont mis en exergue le non-respect d'une spécification du fabricant portant sur les résiliences mesurées à -20°C pour plusieurs assemblages témoin. Dans le courrier en référence [10], vous informez l'ASN des résultats de ces essais ainsi que de la réalisation d'essais complémentaires, de contre-essais (sans démonstration que les mauvais résultats initiaux étaient dus à une mauvaise exécution de l'essai ou à la présence de défaut dans les éprouvettes), de calculs et d'analyses menées pour traiter ces écarts.

Par ailleurs, dans ce même courrier, vous informez l'ASN de la détection d'un phénomène de vieillissement sous déformation des soudures réalisées sur site *a priori* dû à l'utilisation de métaux

d'apport sensibles à ce phénomène. Votre analyse d'impact de cette problématique est présentée dans le courrier en référence [10].

Lors de l'examen par sondage de dossiers d'assemblage témoin concernés par ces écarts, il apparaît que ces dossiers sont considérés conformes et ne listent notamment pas les résultats des essais complémentaires menés, les justifications associées et l'ensemble des éléments relatifs au traitement de ces écarts.

**A.4.2 Je vous demande de documenter de manière adéquate l'ensemble des écarts relatifs aux assemblages témoin réalisés sur site et de les intégrer aux rapports de ces assemblages témoin. Vous me fournirez les rapports ainsi complétés.**

## **A.5 Surveillance des intervenants extérieurs**

L'article 2.5.4 de l'arrêté en référence [5] exige notamment que « *l'exploitant programme et [mette] en œuvre des actions adaptées de vérification par sondage des dispositions prises en application des articles 2.5.2 et 2.5.3 ainsi que des actions d'évaluation périodique de leur adéquation et de leur efficacité. [...] Lorsque les activités importantes pour la protection ou leur contrôle technique sont réalisés par des intervenants extérieurs, ces actions de vérification et d'évaluation constituent une action de surveillance des intervenants extérieurs [...]* ».

Lors de l'examen des éléments relatifs à la réalisation des soudures de préfabrication en usine, les inspecteurs se sont intéressés à la Qualification de Mode Opératoire de Soudage (QMOS) référencée R147AC. Ils ont notamment examiné les raisons ayant conduit à des révisions du document associé. Ils ont relevé que le document en révision 1, applicable lors de la réalisation des soudures de production, ne présentait pas d'essais mécaniques de résilience à 0°C alors que ces essais sont requis par le code en référence [2] avec des valeurs minimales à respecter pour les équipements de niveau 1. Cet écart a été détecté après la fin de réalisation des soudures de production et a fait l'objet de la révision 2 du document relatif à la QMOS début 2015. Une fiche de non-conformité référencée NCR\_16/11140 en révision 2 a été établie par le fabricant et statue sur une acceptation en l'état des soudures de production, les essais réalisés à 0°C sur un nouvel assemblage de qualification présentant des valeurs conformes aux exigences code en référence [2] pour les équipements de niveau 1. Cette fiche de non-conformité n'a *a priori* toujours pas fait l'objet d'une acceptation par EDF.

Les inspecteurs retiennent de ces éléments que la documentation, relative à la QMOS valorisée pour la réalisation des soudures de préfabrication, et applicable lors de la réalisation de ces soudures ne permettait pas de garantir *a priori* le respect des exigences du code en référence [2]. Par ailleurs, les valeurs de résilience mesurées à 0°C lors de la révision 2 de ce document début 2015, sont tout juste supérieures voire égales aux exigences minimales du code associées, ce qui semble ne pas permettre d'établir une marge suffisante pour le respect de ces valeurs en production. Ainsi, il apparaît que la QMOS valorisée pour la réalisation des soudures de préfabrication ne permet pas de garantir le respect des exigences du code, encore moins les exigences complémentaires ER. Cet écart a été détecté très tardivement et est encore en cours de traitement.

Il apparaît donc que la surveillance du fabricant sur l'entreprise en charge de la réalisation de ces soudures et la surveillance d'EDF sur le fabricant n'ont pas permis de détecter cet écart de manière réactive et, en tout état de cause, avant le début des opérations de soudage. Par ailleurs, aucune action de surveillance ne semble mise en œuvre pour s'assurer du respect des délais évoqués dans la demande A.3. Les inspecteurs considèrent qu'une telle surveillance aurait permis de détecter les écarts relatifs aux soudures de préfabrication en usine plus rapidement et de mettre en œuvre des actions correctives pour la poursuite de la réalisation des soudures de production.



**Je vous demande, préalablement au début des activités de soudage à venir sur le chantier, de mettre en œuvre une surveillance de l'adéquation des QMOS valorisées avec les exigences associées aux soudures de production afin notamment de respecter les exigences du code en référence [2] considéré dans le rapport de sûreté en référence [14]. Pour le cas susmentionné, vous me justifierez l'efficacité des nouvelles modalités de surveillance mises en place.**

**Par ailleurs, vous veillerez à pérenniser dans votre dispositif de surveillance des actions de vérification du respect des délais évoqués dans la demande A.3 et de vérification des résultats des essais mécaniques réalisés sur les assemblages témoin dans le délai requis afin d'éviter le renouvellement de telles situations et de détecter de manière réactive d'éventuels écarts sur les assemblages témoin.**

## **A.6 Analyse des causes**

Les inspecteurs ont souhaité examiner l'analyse des causes réalisée par EDF et le fabricant des valeurs faibles de résiliences relevées à -20°C pour certains assemblages témoin associés à des soudures des tuyauteries principales d'évacuation de la vapeur réalisées sur site. Certains éléments d'analyse ont été transmis dans le cadre du courrier en référence [11] et mettent en avant la mise en œuvre d'apports de chaleur trop importants avec un mode opératoire de soudage à l'électrode enrobée. Les inspecteurs retiennent des échanges avec vos représentants que cette analyse apporte des éléments techniques sur la compréhension des phénomènes physiques mis en œuvre pendant le mode opératoire de soudage mais que cette analyse se base essentiellement sur les investigations menées sur un seul assemblage témoin et prend en compte une corrélation délicate à établir entre les énergies de soudage relevées ponctuellement par les soudeurs lors de chaque passe de soudage et l'emplacement de prélèvement des éprouvettes pour la réalisation des essais mécaniques. Par ailleurs, les inspecteurs ont relevé que cette analyse apparaît moins cohérente en prenant en considération d'autres assemblages témoin, notamment sur les assemblages témoin référencés CT16-0039, CT16-0229 et CT 16-0336.

**A.6.1 Je vous demande de mener les investigations nécessaires à l'analyse des causes ayant conduit à des valeurs faibles de résiliences relevées à -20°C pour certains assemblages témoin associés à des soudures des tuyauteries principales d'évacuation de la vapeur réalisées sur site. Vous veillerez à ce que cette analyse porte sur l'ensemble des assemblages témoin concernés et me la transmettez.**

Au vu de cette cause apparente identifiée par EDF et relative à la mise en œuvre d'apports de chaleur trop importants, les inspecteurs ont examiné la surveillance mise en œuvre par EDF sur la maîtrise de l'énergie de soudage notamment pour les procédés de soudage manuel. Il apparaît qu'il n'y a pas d'exigence explicite de surveillance associée.

**A.6.2 Je vous demande de renforcer vos modalités de surveillance pour la maîtrise de l'énergie de soudage effectivement mise en œuvre. Vous m'informerez des actions menées en ce sens.**

## **B Compléments d'information**

### **B.1 Exigences définies afférentes aux tuyauteries**

En préambule, les inspecteurs ont rappelé que les exigences relatives aux valeurs de résiliences attendues pour satisfaire au référentiel dit « d'exclusion de rupture » pour les tuyauteries principales d'évacuation de la vapeur étaient différentes dans les documents relatifs à ce référentiel (cf. documents en références [12], [13] et [14]) et dans les exigences définies par le fabricant dans le document en référence [15].

Les inspecteurs considèrent nécessaire que les origines de ces exigences soient investiguées et fassent l'objet d'une analyse appropriée pour retenir l'exigence définie afférente aux tuyauteries principales d'évacuation de la vapeur au sens de l'arrêté en référence [5].

**Je vous demande de me faire part des résultats de vos investigations relatives aux différentes valeurs de résilience retenues dans les documents en référence [12] à [15]. En conclusion, vous veillerez à statuer sur l'exigence définie afférente à ces éléments importants pour la protection des intérêts au sens de l'arrêté en référence [5].**

## **B.2 Bilan de la prise en compte des exigences ER pour les équipements concernés**

Les inspecteurs ont examiné le document en référence [16] et notamment les écarts identifiés aux exigences ER. Ils retiennent de cet examen qu'EDF n'indique pas si les exigences ER ont été retranscrites explicitement dans les spécifications mises en œuvre par le fabricant. Ils s'interrogent également sur la prise en compte de l'ensemble des exigences ER pour les équipements concernés notamment :

- la prise en compte de l'exigence relative à la teneur en ferrite des soudures de piquage en préfabrication du CPP qui n'est par exemple pas mentionnée ;
- les exigences relatives à la teneur en chrome du métal déposé en passes de racine semblent ne pas être respectées pour les soudures des tuyauteries principales d'évacuation de la vapeur réalisées selon le procédé dit « TIG » au vu des essais de recette réalisés sur le fil de désignation EML5.

Par ailleurs, aucun élément n'est documenté sur le traitement effectif des écarts rencontrés et les conséquences de ces écarts. Enfin, l'écart aux exigences ER relatif à la réalisation d'une réparation de la soudure référencée 1C03 par le procédé dit « TIG manuel » n'est pas considéré comme tel et aucune justification n'est associée à cet écart.

**Pour les tuyauteries et soudures pour lesquelles le référentiel ER est valorisé, je vous demande de me transmettre une mise à jour du document en référence [16]. Vous veillerez à préciser dans ce document :**

- si l'exigence ER a été retranscrite dans les spécifications du fabricant *a priori* ou si une vérification du respect de ces exigences a été réalisée *a posteriori*,
- si l'ensemble des exigences ER a bien été vérifié pour les tuyauteries et les soudures et le cas échéant les actions correctives mises en œuvre,
- le traitement retenu des écarts rencontrés et leurs éventuelles conséquences lorsqu'une exigence ER n'a pas été respectée,
- les éléments de justification relatifs à la réparation de la soudure 1C03 par un autre procédé de soudage que celui requis dans le cadre du référentiel ER et permettant d'avoir des garanties équivalentes.

## **B.3 Phénomène de vieillissement sous déformation des métaux d'apport**

Le courrier en référence [10] informe notamment l'ASN d'une problématique relative à l'utilisation de métaux d'apport sensibles au vieillissement sous déformation pour la réalisation de certaines soudures des tuyauteries principales d'évacuation de la vapeur. Cette problématique a été mise en évidence par des caractéristiques de traction mesurées à chaud plus élevées que celles mesurées à température ambiante pour certains assemblages témoin réalisés sur site. Elle a été caractérisée uniquement pour un métal d'apport spécifique car ces essais en température ne sont réalisés que pour certains assemblages témoin.

Lors de leur examen, les inspecteurs ont relevé que cette problématique aurait pu être mise en évidence lors des recettes de métaux d'apport : en effet, ces recettes montrent que certains métaux d'apport fondus présentent des caractéristiques mécaniques plus élevées à température élevée qu'à température ambiante avant le traitement thermique de détensionnement (TTD).

**B.3.1 Afin de compléter votre analyse de la problématique relative à l'utilisation de métaux d'apport sensibles au vieillissement sous déformation présentée dans le courrier en référence [10], je vous demande d'examiner l'ensemble des procès-verbaux de recette des métaux d'apport mis en œuvre pour les soudures des tuyauteries principales d'évacuation de la vapeur et notamment ceux portant les désignations EML5 et CYMETA 9 AQ. Selon les informations disponibles dans ces procès-verbaux ou dans des documents relatifs à des essais complémentaires, vous m'indiquerez votre position sur la sensibilité au vieillissement sous déformation de l'ensemble de ces métaux d'apport en prenant en compte notamment les TTD mis en œuvre. Vous me transmettez une mise à jour de cette analyse comportant ces compléments et les actions correctives associées.**

Par ailleurs, il apparaît que la prise en compte de ce phénomène n'a pas fait l'objet d'une analyse suffisante au moment de la conception et n'a notamment pas abouti à la réalisation d'essais préalables sur les métaux de base, métaux d'apport et procédés de soudage mis en œuvre pour la réalisation des tuyauteries principales d'évacuation de la vapeur.

**B.3.2 Au titre du retour d'expérience, je vous demande de m'informer des enseignements tirés relatifs à la problématique relative à l'utilisation de métaux d'apport sensibles au vieillissement sous déformation mis en œuvre pour la réalisation des tuyauteries principales d'évacuation de la vapeur ainsi que des actions préventives, correctives et curatives associées.**

Enfin, à la lecture des procès-verbaux de recette des métaux d'apport et des fiches techniques associées, il apparaît que les TTD mis en œuvre lors des recettes ou lors de l'établissement de la fiche technique par le fabricant sont notablement plus longs et réalisés à des températures supérieures à celles des TTD mis en œuvre sur les soudures.

**B.3.3 Je vous demande de justifier l'adéquation des TTD mis en œuvre sur les soudures de production vis-à-vis des TTD mis en œuvre en recette ou lors de l'établissement de la fiche technique des métaux d'apport par le fabricant. Le cas échéant, vous m'informerez des mesures curatives, correctives et préventives mises en œuvre.**

#### **B.4 Mise en œuvre d'un procédé de réparation de soudage**

Le rapport de sûreté en référence [14] prend en considération dans son référentiel technique le code de conception et de construction en référence [2]. Ce code exige notamment dans son paragraphe S7610 qu'« *au même endroit deux opérations de réparation par soudage sont autorisées. Au-delà, le Fabricant ne doit pas poursuivre avant d'avoir établi un rapport analysant les causes de ces réparations successives et avoir soumis ce rapport à l'accord du Constructeur. Il en est de même en cas de réparations trop systématiques ou de mise en évidence de défauts susceptibles de remettre en cause les conditions d'application du mode opératoire, ou la qualification elle-même du mode opératoire de soudage.*

*Si l'étendue des réparations d'une soudure exécutée par un procédé automatique est susceptible de dépasser le cinquième de sa longueur sur au moins la moitié de son épaisseur, la soudure doit être refaite puis contrôlée à nouveau. »*

Lors de l'examen du fichier de suivi des soudures transmis après inspection, les inspecteurs ont relevé qu'un nombre important de réparations par soudage semblaient avoir été mis en œuvre pour les soudures des tuyauteries principales d'évacuation de la vapeur :

- 6 réparations pour la soudure référencée EPP6208TWM-1@S2,
- 4 réparations pour les 8 soudures référencées VVP1110TY-F03-1@FW9, VVP1130TY-F02-1@FW17, VVP2110TY-F03-1@FW4, VVP3120TY-F01-3@FW2, VVP4110TY-F01-3@FW6, VVP4110TY-F02-1@FW7, VVP4120TY-F01-3@FW12 et VVP4130TY-F02-1@FW17,
- 3 réparations pour les 6 soudures référencées VVP2130TY-F02-1@FW7, VVP3130TY-F01-1@FW4, VVP3130TY-F01-3@FW3, VVP3130TY-F02-1@FW7, VVP3311TY-F01-1@F1 et VVP4120TY-F01-1@FW101.

**B.4.1 Pour chacune de ces soudures, je vous demande de me fournir les éléments relatifs à la conformité de réalisation de ces soudures vis-à-vis des exigences du code en référence [2] mentionnées ci-dessus.**

Les inspecteurs ont relevé que le mode opératoire de soudage référencé N123 associé à la QMOS référencée R181AC n'était pas listé dans le document référencé NAR-A N°198 identifiant les modes opératoires à mettre en œuvre sur le chantier et associés à des QMOS présentant des valeurs élevées de résilience. Pour autant, ce mode opératoire a été mis en œuvre *a priori* lors de quinze réparations de soudure sur site entre juin 2015 et janvier 2018.

Les inspecteurs ont également relevé que ce mode opératoire, relatif à un soudage en procédé dit « TIG manuel » avait été mis en œuvre sur site en considérant que les assemblages témoins référencés CT15-0141 et CT-17-0299, relatifs à un soudage en procédé dit « TIG manuel + TIG orbital », étaient représentatifs. Il apparaît que cette représentativité peut être interrogée en fonction de l'ampleur des réparations effectivement réalisées sur les soudures.

**B.4.2 Je vous demande de m'indiquer, pour l'ensemble des réparations réalisées selon le mode opératoire référencé N123 et concernant des soudures des tuyauteries principales d'évacuation de la vapeur, l'étendue des réparations effectuées. Vous m'indiquerez votre position argumentée sur la représentativité des assemblages témoin associés au vu de ces réparations. Par ailleurs, vous vous positionnerez sur l'adéquation de ce procédé de réparation vis-à-vis des exigences ER.**

## **B.5 Résiliences mesurées sur des assemblages témoin d'autres équipements**

Les inspecteurs ont relevé que plusieurs assemblages témoin avaient été réalisés dans le cadre de soudures de production d'équipements de classe de qualité inférieure (notamment sur le circuit ARE) mais selon des modes opératoires de soudage équivalents voire identiques associés aux mêmes QMOS que celles valorisées pour le soudage des tuyauteries principales d'évacuation de la vapeur.

Au vu notamment des dépassements de délai évoqués à la demande A.3 pouvant remettre en cause la représentativité des assemblages témoins réalisés dans le cadre de soudures des tuyauteries principales d'évacuation de la vapeur et au vu d'une certaine hétérogénéité des valeurs de résilience mesurées sur ces assemblages témoin, les inspecteurs considèrent qu'il est important de disposer des valeurs de résilience mesurées sur les assemblages témoin associés aux mêmes QMOS que celles valorisées pour le soudage des tuyauteries principales d'évacuation de la vapeur.

**Je vous demande de me transmettre la liste des assemblages témoin réalisés sur site ou en usine et associés aux mêmes QMOS que celles valorisées pour le soudage des tuyauteries principales d'évacuation de la vapeur. Vous veillerez à indiquer, les dates de soudage et de dépouillement de ces assemblages témoin ainsi que les QMOS associés et les valeurs de résilience mesurées. Vous veillerez également à vous positionner sur l'éventuelle**

représentativité de ces valeurs vis-à-vis des soudures des tuyauteries principales d'évacuation de la vapeur.

## **B.6 Prise en compte des exigences ER lors de l'exploitation du réacteur EPR**

L'absence de déclinaison opérationnelle d'exigences de fabrication spécifiques à l'exclusion de rupture pour les lignes primaires et vapeur principales a conduit EDF à déclarer un événement significatif pour la sûreté (ESS) par courrier [3]. Par courrier [4], EDF a transmis à l'ASN un rapport présentant l'analyse réalisée au 2 février 2018 de cet événement et indique prévoir une mise à jour ultérieure lorsque cette analyse sera finalisée. Ce rapport identifie des causes profondes relatives à la prescription inadaptée des exigences ER dans ces documents contractuels.

Au vu des causes profondes identifiées, les inspecteurs considèrent qu'il est essentiel que des actions correctives soient mises en œuvre dans le cadre de la future exploitation du réacteur et notamment lors de toute intervention de réparation voire de remplacement des équipements concernés pour garantir un niveau de réalisation adapté aux exigences ER. Le jour de l'inspection, vos représentants n'étaient pas en mesure de présenter la prise en compte de ce retour d'expérience par le futur exploitant.

**Je vous demande de m'indiquer les modalités de prises en compte des exigences ER, tant opérationnelles qu'organisationnelles, lors de la future exploitation du réacteur EPR et notamment lors de toute intervention susceptible de remettre en cause le respect de ces exigences sur les équipements concernés.**

## **C Observations**

Sans objet.



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.

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, je vous informe que le présent courrier sera mis en ligne sur le site Internet de l'ASN ([www.asn.fr](http://www.asn.fr)).

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

**La cheffe de division,**

**Signé**

**Hélène HÉRON**

## **Annexe au courrier CODEP-CAE-2018-019467**

- [1] Code de l'environnement, notamment son chapitre VI du titre IX du livre V
- [2] RCC-M – Règles de conception et de construction des matériels mécaniques des îlots nucléaires de réacteur à eau pressurisée – version 2000 et modificatifs 2002, 2005 et 2007
- [3] Courrier EDF D458517063160 du 30 novembre 2017 – EPR FA3 – Déclaration de l'événement significatif relatif à l'absence de déclinaison opérationnelle d'exigences de fabrication spécifiques à l'exclusion de rupture pour les lignes primaires et vapeur principales
- [4] Note EDF D305117070981 indice A du 1er février 2018 – Compte-rendu d'événement significatif – Absence de déclinaison opérationnelle d'exigences de fabrication spécifiques à l'exclusion de rupture pour les lignes primaires et vapeur principales de l'EPR FA3
- [5] Arrêté du 7 février 2012 fixant les règles générales relatives aux installations nucléaires de base
- [6] Courrier ASN CODEP-CAE-2017-009906 du 10 mars 2017 - Inspection n° INSSN-CAE-2017-0653 du 21 février 2017
- [7] Courrier EDF D458517024445 du 9 mai 2017
- [8] Courrier EDF D458517023411 du 2 mai 2017
- [9] Courrier EDF D458517038631 du 19 juillet 2017
- [10] Courrier EDF D305117066286 du 1<sup>er</sup> décembre 2017 – EPR FA3 – Programme de travail engagé pour démontrer l'application de l'Exclusion de Rupture aux lignes vapeur suite aux problématiques rencontrées en fabrication
- [11] Courrier EDF D305118008909 du 13 février 2018
- [12] Rapport du bureau de contrôle des centrales nucléaires (BCCN) pour la Section permanente nucléaire (SPN) du 21 juin 2005 – révision 1 du 7 juin 2005
- [13] Note EDF ECEMA040920 indice C du 4 juillet 2007 – Application de l'hypothèse d'exclusion de rupture aux lignes primaires et vapeur principales de l'EPR FA3
- [14] Rapport de sûreté de Flamanville 3 déposé dans le cadre de la demande d'autorisation de mise en service du réacteur EPR de Flamanville mise à jour par courrier EDF D305117029740 du 30 juin 2017
- [15] Note AREVA NEEM-F DC 72 indice C du 24 juin 2015 – Dossier matériau Acier C-Mn P355 pour tuyauteries secondaires
- [16] Note EDF D309511702 indice A du 25 octobre 2017 – Bilan de la prise en compte des critères exclusion de rupture – transmise par courrier EDF D458517057038 du 26 octobre 2017