



**Décision n° XXX de l'Autorité de sûreté nucléaire du XXX autorisant la mise en service et l'utilisation de la cuve du réacteur EPR de la centrale nucléaire de Flamanville (INB n° 167)**

L'Autorité de sûreté nucléaire,

Vu le code de l'environnement, notamment ses articles L. 557-4, L. 557-5, et R. 557-1-3 ;

Vu le décret n° 2007-534 du 10 avril 2007 modifié autorisant la création de l'installation nucléaire de base dénommée Flamanville 3, comportant un réacteur nucléaire de type EPR, sur le site de Flamanville (Manche) ;

Vu l'arrêté du 10 novembre 1999 modifié relatif à la surveillance de l'exploitation du circuit primaire principal et des circuits secondaires principaux des réacteurs nucléaires à eau sous pression ;

Vu l'arrêté du 30 décembre 2015 relatif aux équipements sous pression nucléaires, notamment son article 9 et son annexe I ;

Vu la décision CODEP-CLG-2016-047916 du président de l'Autorité de sûreté nucléaire du 7 décembre 2016 relative à l'acceptation du référentiel technique pour l'évaluation de la conformité d'équipements sous pression nucléaires de niveau N1 destinés à l'installation nucléaire de base n° 167 dénommée Flamanville 3 ;

Vu la décision CODEP-CLG-2018-033892 du président de l'Autorité de sûreté nucléaire du 3 juillet 2018 relative à l'acceptation du référentiel technique pour l'évaluation de la conformité d'équipements sous pression nucléaires de niveau N1 et ensembles comprenant au moins un tel équipement destinés à l'installation nucléaire de base n° 167 dénommée Flamanville 3 ;

Vu l'avis n° 2017-AV-0298 de l'Autorité de sûreté nucléaire du 10 octobre 2017 relatif à l'anomalie de la composition de l'acier du fond et du couvercle de la cuve du réacteur EPR de la centrale nucléaire de Flamanville (INB n° 167) ;

Vu la lettre de l'Autorité de sûreté nucléaire référencée CODEP-DEP-2015-043888 du 14 décembre 2015 relative à sa position sur la démarche de justification de la ténacité suffisante des calottes du fond et du couvercle de la cuve de l'EPR de Flamanville ;

Vu la note de l'Autorité de sûreté nucléaire et de l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire référencée CODEP-DEP-2016-019209 – IRSN/2016-00005 du 17 juin 2016 relative à un point d'étape sur la démarche proposée par Areva NP pour justifier de la ténacité suffisante des calottes du fond et du couvercle de la cuve du réacteur EPR de Flamanville ;

Vu le courrier de l'Autorité de sûreté nucléaire à Areva NP référencé CODEP-DEP-2016-031435 du 26 septembre 2016 relatif à un point d'étape sur la démarche de justification de la ténacité suffisante des calottes du fond et du couvercle de la cuve du réacteur EPR de Flamanville ;

Vu le rapport de l'Autorité de sûreté nucléaire et de l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire référencé CODEP-DEP-2017-019368 – IRSN/2017-00011 du 15 juin 2017 relatif à l'analyse des conséquences de l'anomalie des calottes de la cuve du réacteur EPR de Flamanville sur leur aptitude au service ;

Vu l'avis et les recommandations du groupe permanent d'experts pour les équipements sous pression nucléaires du 30 septembre 2015 référencés CODEP-MEA-2015-040055 du 1<sup>er</sup> octobre 2015 ;

Vu les observations du groupe permanent d'experts pour les équipements sous pression nucléaires référencées CODEP-MEA-2016-027702 du 7 juillet 2016 ;

Vu l'avis du groupe permanent d'experts pour les équipements sous pression nucléaires du 27 juin 2017 relatif aux conséquences de l'anomalie de concentration en carbone des calottes de la cuve du réacteur EPR de Flamanville sur leur aptitude au service référencé CODEP-MEA-2017-028273 ;

Vu la note technique du fabricant de la cuve du réacteur EPR de Flamanville, Areva NP, référencée D02-PEEM-F-15-0368 dans sa révision B du 31 juillet 2015 relative à la démarche de justification du couvercle et du fond de la cuve du réacteur EPR de Flamanville ;

Vu la note technique d'Areva NP, référencée D02-PEEM-F-16-0260 dans sa révision A du 20 mai 2016 relative à la méthodologie générale permettant la démonstration de la satisfaction des critères mécaniques pour les calottes de la cuve du réacteur EPR de Flamanville ;

Vu le dossier technique transmis par Areva NP à l'Autorité de sûreté nucléaire le 16 décembre 2016, mis à jour par la suite, et notamment la note technique référencée D02-ARV-01-104-503 dans sa révision B du 27 avril 2017 relative à la justification de la ténacité suffisante des calottes du fond et du couvercle de la cuve de l'EPR de Flamanville ;

Vu les engagements pris par Areva NP, transmis à l'Autorité de sûreté nucléaire par courrier référencé ARV-DEP-00755 du 6 juin 2017 ;

Vu les engagements pris par l'exploitant Électricité de France (EDF), transmis à l'Autorité de sûreté nucléaire par courrier référencé D458517029486 du 6 juin 2017 relatif au suivi en service du fond et du couvercle de la cuve du réacteur EPR de Flamanville, courrier référencé D458517029054 du 6 juin 2017 relatif au programme de suivi du vieillissement thermique, courrier référencé D458517029531 du 6 juin 2017 relatif au caractère exhaustif de la liste des situations de choc thermique sur les calottes de la cuve du réacteur EPR de Flamanville, courrier référencé D458517030291 du 9 juin 2017 relatif au suivi en service du couvercle de la cuve du réacteur EPR de Flamanville et courrier référencé D458518020869 du 13 avril 2018 relatif à l'avancement des actions décrites dans les courriers susvisés ;

Vu le courrier de Framatome référencé FRA-DEP-00031 du 22 mars 2018, sollicitant l'évaluation de la conformité de la cuve du réacteur EPR de la centrale nucléaire de Flamanville, conformément aux dispositions du module G de l'article 6-II de l'arrêté du 30 décembre 2015 susvisé ;

Vu le courrier de Framatome référencé FRA-DEP-00114 du 13 juillet 2018, sollicitant l'autorisation de mise en service et d'utilisation de la cuve, au titre de l'article 9 de l'arrêté du 30 décembre 2015 ;

Vu l'avis de la sous-commission permanente pour les appareils à pression du Conseil supérieur de la prévention des risques technologiques du **XXX** ;

Vu les observations de Framatome transmises par courrier référencé XXX du XXX ;

Vu les observations d'EDF transmises par courrier référencé XXX du XXX ;

Vu les résultats de la consultation du public réalisée du XXX au XXX ;

Considérant qu'à compter du 1<sup>er</sup> janvier 2018, la société Framatome, 1 place Jean Millier, 92400 Courbevoie, RCS Nanterre 379 041 395 a repris, dans les conditions fixées par le traité d'apport partiel d'actifs, les droits et obligations attachés aux activités de fabrication de la cuve du réacteur EPR de Flamanville de la société Areva NP ;

Considérant que la cuve du réacteur EPR de Flamanville est soumise aux exigences essentielles de sécurité de l'annexe I de l'arrêté du 30 décembre 2015 susvisé, notamment celle de la qualification technique ;

Considérant que les essais réalisés sur les calottes du fond et du couvercle de la cuve du réacteur EPR de Flamanville ont mis en évidence le fait que ces composants n'ont pas les caractéristiques requises initialement lors de la conception par le fabricant ;

Considérant que cette anomalie est due à la présence d'une zone de ségrégation majeure positive résiduelle du carbone qui n'a pas été suffisamment éliminée par le procédé de fabrication retenu par le fabricant ;

Considérant que le risque d'hétérogénéité dû aux ségrégations majeures positives résiduelles du carbone, phénomène métallurgique connu, a été mal apprécié et ses conséquences mal quantifiées par le fabricant, alors qu'il existait des techniques disponibles permettant de s'affranchir de ce risque ;

Considérant que l'exigence de qualification technique mentionnée au point 3.2 de l'annexe I de l'arrêté du 30 décembre 2015 susvisé n'est pas respectée pour la cuve du réacteur EPR de Flamanville ; que le fabricant n'a pas suffisamment tenu compte de l'état d'avancement de la technique et de la pratique au moment de la conception et de la fabrication ; que par conséquent cet équipement ne satisfait pas à l'ensemble des exigences essentielles de sécurité mentionnées à l'article L. 557-4 du code de l'environnement ;

Considérant que la demande du fabricant du 13 juillet 2018 susvisée est accompagnée d'une analyse, menée en lien avec l'exploitant, des conséquences pour la protection des intérêts mentionnés à l'article L. 593-1 du code de l'environnement ;

Considérant que, en cas de non-respect de la valeur d'énergie de flexion par choc à 0 °C définie au point 4.2 de l'annexe I de l'arrêté du 30 décembre 2015 susvisé, le fabricant peut démontrer par d'autres moyens que le matériau est suffisamment ductile et tenace, conformément à cette même annexe ; qu'à ce titre, le fabricant a mis en œuvre un programme de caractérisation spécifique, destiné à démontrer que le matériau est suffisamment ductile et tenace et à justifier un niveau de sécurité global équivalent ;

Considérant que la présence d'une zone de ségrégation majeure positive du carbone conduit dans certaines conditions à diminuer la ténacité de l'acier, c'est-à-dire sa résistance à la propagation d'une fissure, et est susceptible de remettre en cause sa résistance à la rupture brutale ;

Considérant que l'Autorité de sûreté nucléaire, par courrier du 14 décembre 2015 susvisé, a considéré acceptable dans son principe, sous certaines réserves, la démarche retenue par le fabricant pour justifier que l'anomalie ne remet pas en cause l'aptitude au service du fond et du couvercle de la cuve du réacteur EPR de Flamanville présentée dans la note technique du 31 juillet 2015 susvisée, notamment au vu des conclusions du rapport du 16 septembre 2015 susvisé et de l'avis du groupe permanent d'experts pour les équipements sous pression nucléaires du 1<sup>er</sup> octobre 2015 susvisé ;

Considérant que le fabricant a complété sa démarche de justification par la note technique du 20 mai 2016 susvisée ; que l'Autorité de sûreté nucléaire a formulé des demandes complémentaires par courrier du 26 septembre 2016 susvisé, notamment au vu de la note du 17 juin 2016 susvisée et des observations du groupe permanent d'experts pour les équipements sous pression nucléaires du 7 juillet 2016 susvisées ;

Considérant que le dossier technique du fabricant du 16 décembre 2016 susvisé conclut que l'anomalie ne remet pas en cause l'aptitude au service du fond et du couvercle de la cuve du réacteur EPR de Flamanville ; que le fabricant a mené une analyse justifiant que les caractéristiques du matériau permettent de prévenir le risque de rupture brutale de ces composants ;

Considérant que cette analyse repose sur l'évaluation de trois paramètres : les dimensions, l'orientation et la position d'éventuels défauts, tels que des fissures, les propriétés mécaniques de l'acier comportant un excès de carbone et les chargements thermomécaniques résultant de changements de température et de pression durant le fonctionnement normal et accidentel du réacteur ;

Considérant que, s'agissant des éventuels défauts, le fabricant a justifié que le procédé de fabrication utilisé n'était pas de nature à créer de défaut préjudiciable à la qualité des pièces ; qu'il a également réalisé des contrôles non destructifs surfaciques et volumiques afin de détecter les défauts présents dans le fond et le couvercle de la cuve, que ces contrôles n'ont pas mis en évidence de défaut de taille supérieure à la limite de détection ; que l'Autorité de sûreté nucléaire a mandaté un organisme indépendant pour surveiller la réalisation de ces contrôles non destructifs ;

Considérant que, s'agissant des propriétés mécaniques du matériau, le fabricant a mené un programme d'analyses chimiques et d'essais mécaniques sur des composants fabriqués dans les mêmes conditions que ceux de la cuve du réacteur EPR de Flamanville et a justifié que ces composants sont représentatifs de ceux de Flamanville ; que ce programme a permis d'évaluer les propriétés mécaniques de l'acier dans la zone de ségrégation majeure positive résiduelle du carbone ; que l'Autorité de sûreté nucléaire a mandaté des organismes indépendants pour surveiller la réalisation de ce programme et a veillé à ce qu'il soit réalisé, en majorité, par des laboratoires indépendants du groupe Areva ; que l'Autorité de sûreté nucléaire a réalisé des inspections dans deux laboratoires du groupe Areva ayant participé à la mise en œuvre de ce programme ;

Considérant que, s'agissant des chargements thermomécaniques, l'ensemble des situations pouvant solliciter le fond et le couvercle de la cuve a été recensé et caractérisé ; que le fabricant a respecté ses engagements figurant dans le courrier du 6 juin 2017 susvisé, notamment en ce qui concerne les chargements mécaniques sur le couvercle dans la situation d'éjection de grappe ;

Considérant que, malgré des valeurs de résilience du matériau localement inférieures à celles prévues lors de la conception, les propriétés de ténacité sont suffisantes pour prévenir, avec les coefficients de sécurité requis, le risque de rupture brutale du fond et du couvercle de la cuve, en tenant compte de l'éventuel défaut le plus défavorable ;

Considérant que le fond et le couvercle de la cuve du réacteur EPR de Flamanville ont en partie été fabriqués par Creusot Forge ; que des irrégularités ont été détectées dans cette usine ; que le fabricant a refait, à la demande de l'Autorité de sûreté nucléaire, certains essais mécaniques et contrôles volumiques non destructifs qui avaient été réalisés lors de la fabrication ; que l'Autorité de sûreté nucléaire a mandaté des organismes indépendants pour surveiller leur réalisation ; que ces nouveaux essais et contrôles, dont les résultats sont satisfaisants et cohérents avec ceux des essais d'origine, apportent des garanties complémentaires sur la qualité des pièces concernées ;

Considérant que le dossier technique relatif à l'anomalie de la composition chimique de l'acier du fond et du couvercle de la cuve du réacteur EPR de Flamanville a fait l'objet d'une instruction par l'Autorité de sûreté nucléaire et l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire, dont les conclusions sont présentées dans le rapport du 15 juin 2017 susvisé, et de l'avis du groupe permanent d'experts pour les équipements sous pression nucléaires du 27 juin 2017 susvisé ; qu'en particulier, dans le cadre de l'analyse de la résistance mécanique du matériau, l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire a réalisé ses propres calculs, qui ne remettent pas en cause les résultats présentés par le fabricant ;

Considérant que Framatome a justifié que l'ensemble des risques d'hétérogénéité identifiés pour les calottes de la cuve du réacteur EPR de Flamanville, autres que le risque dû aux ségrégations majeures positives résiduelles du carbone, étaient maîtrisés ;

Considérant qu'il résulte de l'ensemble de ces éléments que les risques sont suffisamment prévenus et limités ;

Considérant par ailleurs que la société APAVE, mandatée par l'Autorité de sûreté nucléaire, a évalué la conformité de la cuve du réacteur EPR de Flamanville en tant qu'organisme habilité mentionné à l'article L. 557-31 du code de l'environnement ;

Considérant que la demande de Framatome susvisée est accompagnée du rapport d'APAVE référencé 31222257/1 N°152 du 12 juillet 2018 concluant que, pour le périmètre d'évaluation qui lui a été confié par l'Autorité de sûreté nucléaire, la cuve du réacteur EPR de Flamanville est conforme aux exigences essentielles de sécurité de l'arrêté du 30 décembre 2015 susvisé, selon les référentiels techniques acceptés par l'Autorité de sûreté nucléaire par les décisions du 7 décembre 2016 et du 3 juillet 2018 susvisées ;

Considérant que l'évaluation de conformité à l'exigence de la qualification technique, réalisée selon les référentiels techniques acceptés par l'Autorité de sûreté nucléaire par les décisions du 7 décembre 2016 et du 3 juillet 2018 susvisées, a montré que les composants de la cuve du réacteur EPR de Flamanville, autres que les calottes du fond et du couvercle, sont conformes à l'arrêté du 30 décembre 2015 susvisé ;

Considérant que l'évaluation de conformité aux exigences, autres que celles de la qualification technique et de la prise en compte de l'état d'avancement de la technique et de la pratique au moment de la conception et de la fabrication, réalisée selon les référentiels techniques acceptés par l'Autorité de sûreté nucléaire par les décisions du 7 décembre 2016 et du 3 juillet 2018 susvisées, a montré que la cuve du réacteur EPR de Flamanville est conforme aux dispositions des articles L. 557-4, L. 557-5, du chapitre VII du titre V du livre V de la partie réglementaire du code de l'environnement et à l'arrêté du 30 décembre 2015 susvisés ;

Considérant que le fabricant présente, dans le courrier de demande du 13 juillet 2018 susvisé, les éléments justifiant que la remise en conformité de la cuve du réacteur EPR de Flamanville et notamment de son fond, par des opérations de réparation ou de remplacement des composants concernés, n'est pas raisonnablement envisageable ; qu'une difficulté particulière, au sens de l'article 9 de l'arrêté du 30 décembre 2015 susvisé, est ainsi caractérisée ;

Considérant qu'il résulte de l'ensemble de ces éléments que la demande de Framatome susvisée est dûment justifiée ;

Considérant que la démonstration de sûreté nucléaire des réacteurs à eau sous pression exclut la rupture de la cuve sur la base de dispositions particulièrement exigeantes retenues en matière de conception, de fabrication et de suivi en service ;

Considérant que l'aptitude au service du fond et du couvercle de la cuve du réacteur EPR de Flamanville repose sur une justification d'exclusion du risque de rupture brutale fondée sur les trois paramètres susmentionnés ; qu'il est essentiel de s'assurer tout au long du fonctionnement du réacteur que ces paramètres restent dans le cadre de la justification ; qu'il est donc nécessaire de vérifier que l'impact du vieillissement thermique sur les propriétés mécaniques de l'acier dans la zone de ségrégation majeure positive résiduelle du carbone reste dans les hypothèses prises en conception et de garantir l'absence d'apparition de défaut ;

Considérant qu'il convient dès lors que l'exploitant mette en œuvre un programme de suivi du vieillissement thermique d'éprouvettes prélevées dans la zone de ségrégation majeure positive résiduelle du carbone de composants représentatifs des calottes de la cuve du réacteur EPR de Flamanville ;

Considérant qu'il convient également que l'exploitant mette en œuvre des contrôles périodiques complémentaires afin de s'assurer de l'absence d'apparition de défaut ;

Considérant que de tels contrôles sont réalisables sur le fond de la cuve et qu'ils doivent donc être mis en œuvre ;

Considérant, en revanche, que la faisabilité technique de contrôles similaires sur le couvercle de la cuve n'est pas acquise et donc qu'en l'état actuel des connaissances, l'utilisation de ce couvercle doit être limitée dans le temps ;

Considérant que la fabrication d'un couvercle de remplacement a été engagée et que ce couvercle pourrait ainsi être disponible d'ici fin 2024 ;

Considérant qu'il n'est pas identifié de mécanisme pouvant conduire à créer ou propager rapidement un défaut lors du fonctionnement du réacteur, qu'il est donc acceptable qu'il ne soit pas mis en œuvre de contrôle avant fin 2024 et qu'en conséquence l'utilisation du couvercle jusqu'à une telle échéance est acceptable au plan de la sûreté nucléaire,

**Décide :**

**Article 1<sup>er</sup>**

En application de l'article 9 de l'arrêté du 30 décembre 2015 susvisé, la cuve destinée à l'installation nucléaire de base n° 167 peut être mise en service et utilisée. L'utilisation du couvercle actuel de cette cuve n'est toutefois pas autorisée au-delà du 31 décembre 2024.

## Article 2

EDF réalise un programme d'essais de suivi du vieillissement thermique permettant d'avoir, de manière anticipée, une connaissance des propriétés mécaniques, en fin de fonctionnement du réacteur, de l'acier de la zone de ségrégation majeure positive résiduelle du carbone soumis au vieillissement thermique. EDF transmet les premiers résultats du programme à l'ASN avant la deuxième requalification complète du circuit primaire principal du réacteur.

## Article 3

EDF réalise des contrôles en service capables de détecter les défauts perpendiculaires aux peaux, quelle que soit leur orientation, dans les 20 premiers millimètres à partir des surfaces interne et externe du métal de base, sur le fond de la cuve du réacteur EPR de Flamanville à chaque requalification complète du circuit primaire principal.

## Article 4

Le directeur général de l'Autorité de sûreté nucléaire est chargé de l'exécution de la présente décision, qui sera publiée au *Bulletin officiel* de l'Autorité de sûreté nucléaire.

Fait à Montrouge, le XXX.

Le collège de l'Autorité de sûreté nucléaire\*,

---

\* Commissaires présents en séance