



Le 17 juillet 2019

OFFICE PARLEMENTAIRE D'ÉVALUATION  
DES CHOIX SCIENTIFIQUES ET TECHNOLOGIQUES

**Note à l'attention des membres de l'Office,  
en vue de l'audition publique du 17 juillet 2019 <sup>(1)</sup>,  
relative à la gestion des anomalies survenues lors du chantier de l'EPR de Flamanville**

*Audition ouverte à la presse*

Les travaux de construction du premier réacteur de type EPR <sup>(2)</sup>, à Flamanville, ont débuté en décembre 2007, avec une mise en service initialement prévue par EDF en 2012. Repoussée à de nombreuses reprises, celle-ci n'est aujourd'hui pas envisagée par l'exploitant avant la fin de l'année 2022 <sup>(i)</sup>.

Ce nouveau retard est dû à la détection d'écarts dans la qualité de réalisation de soudures de tuyauterie, mais cette anomalie est loin d'être la seule à être survenue depuis le début des travaux en 2007, malgré l'ensemble des mécanismes de contrôle technique et de surveillance mis en place pour assurer la sûreté du futur réacteur.

Après une présentation de ces mécanismes (I), la présente note détaille la chronologie de deux anomalies majeures advenues lors des travaux : d'une part, les écarts de qualité des soudures des tuyauteries d'évacuation de la vapeur (II), objet de l'audition du 17 juillet prochain, et, d'autre part, les défauts de composition du fond et du couvercle de la cuve du réacteur (III), qui avaient donné lieu à une audition publique de l'Office parlementaire en 2015. En annexe n° 1, un tableau présente les principales autres anomalies détectées durant la réalisation du nouveau réacteur. Il permet de rendre compte des délais usuels de traitement des anomalies.

## **I. Présentation des différents mécanismes de contrôle et de surveillance**

La responsabilité des différentes activités du chantier incombe à deux acteurs <sup>(ii)</sup> :

- EDF, en tant qu'exploitant de l'installation (titulaire du décret d'autorisation de création), est responsable de la qualité des activités de construction.

---

(1) Cette audition fait suite à l'audition par l'OPECST de l'ASN du 16 mai 2019, ainsi qu'à celle de l'IRSN du 27 juin 2019.

(2) Les réacteurs de type EPR (European Pressurized Reactor puis Evolutionary Power Reactor) sont des réacteurs nucléaires à eau pressurisée (REP) de troisième génération, selon la classification internationale, contrairement à l'ensemble des réacteurs du parc nucléaire français actuellement en fonctionnement qui sont des réacteurs à eau pressurisée de deuxième génération. Le réacteur Taishan-1, mis en service en Chine en juin 2018, est le seul réacteur EPR actuellement en fonctionnement tandis que quatre autres, dont le réacteur de Flamanville, sont en construction.

- Framatome, en tant que fabricant, est quant à lui responsable de la qualité de fabrication des équipements sous pression nucléaires (ESPN), y compris de la qualité des pièces réalisées par ses sous-traitants.

Cette responsabilité partagée implique que des systèmes de surveillance soient mis en place par chacun de ces deux acteurs, notamment dans le cadre de travaux effectués en sous-traitance. Afin de vérifier que l'exploitant et le fabricant s'assurent du respect des exigences de la réglementation, l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) est chargée du contrôle de leurs activités, de la conception du réacteur à sa mise en service. Afin de l'aider dans sa tâche de contrôle de la sûreté, de la radioprotection et de la protection de l'environnement, l'ASN dispose de divers appuis techniques, dont :

- l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN), qui accompagne systématiquement l'ASN lors de ses inspections du chantier sur le site de Flamanville et l'aide dans ses décisions grâce à son expertise ;
- les sept groupes permanents d'experts, consultés par l'ASN dans leur domaine d'expertise respectif, notamment le groupe permanent d'experts pour les ESPN (GP ESPN), particulièrement sollicité dans le cadre du chantier de l'EPR, pour lequel il a publié sept rapports ;
- des organismes privés agréés <sup>(3)</sup> par l'ASN qui les mandate pour l'appuyer dans le contrôle de certaines activités, dont le rôle est essentiel en particulier dans le contrôle technique des ESPN. (Ainsi, jusqu'en 2016, la construction de la cuve du réacteur a fait l'objet de 33 inspections de l'ASN, tandis que le nombre d'inspections de l'APAVE, organisme mandaté, s'élevait à 2 811 <sup>(iii)</sup>).

Depuis 2017, l'ASN a publié 318 lettres de suite d'inspection dans le cadre du contrôle du chantier de l'EPR de Flamanville <sup>(iv)</sup>. Cela correspond à environ 2 inspections par mois, mais leur fréquence est adaptée en fonction du volume des activités réalisées. Ces inspections, parfois inopinées, peuvent être de différents types :

- la plupart sont effectuées sur le chantier de construction de Flamanville pour évaluer l'organisation d'EDF dans sa gestion des opérations, notamment de génie civil, ainsi que dans sa surveillance des prestataires de Framatome ;
- certaines ont lieu dans les usines des sous-traitants et des fournisseurs de Framatome dans le cadre de la fabrication des ESPN, pour vérifier que le contrôle exercé par Framatome sur ses prestataires est suffisamment rigoureux ;
- enfin, l'ASN exerce également un contrôle sur les organismes qu'elle mandate en réalisant des inspections de leur gestion de surveillance.

C'est ainsi que le contrôle de la sûreté est assuré durant la construction du réacteur EPR de Flamanville. Si l'ASN considère que cette sûreté est mise en péril à cause d'une anomalie, elle peut décider de suspendre les activités à l'origine du risque, en attendant qu'EDF ou Framatome prennent des mesures suffisantes pour pallier l'anomalie. Elle a ainsi eu recours à des points d'arrêts à plusieurs moments du chantier, notamment en 2008 lors d'anomalies liées au ferrailage du béton <sup>(v)</sup>.

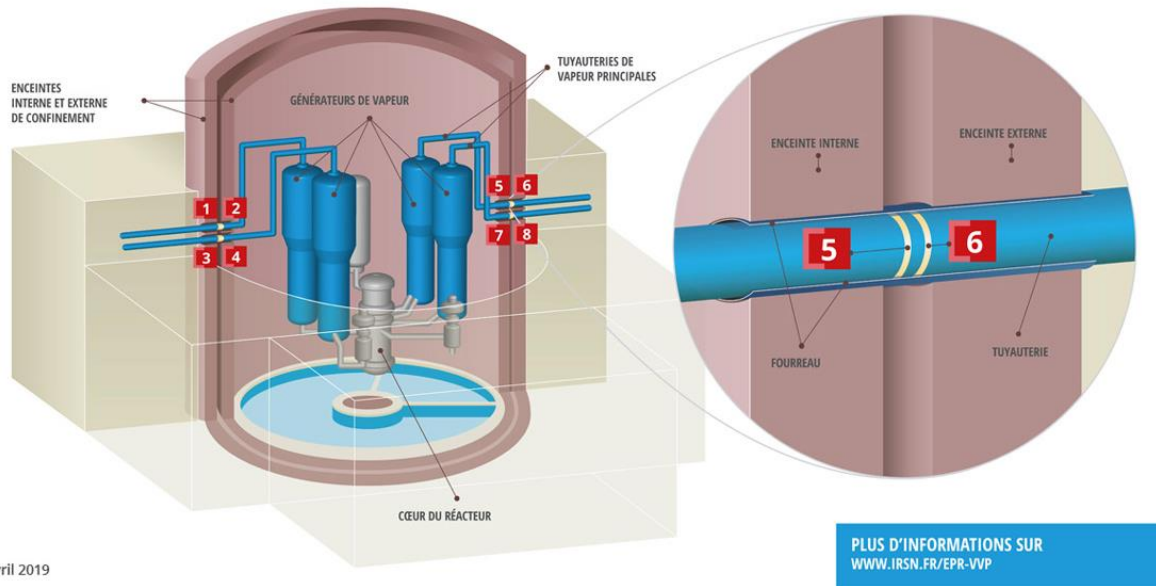
L'ensemble de ces mécanismes de contrôle n'ont cependant pas empêché la survenue d'anomalies majeures dues à des dysfonctionnements dans le contrôle technique et la surveillance exercés par EDF et Framatome, constatées parfois avec retard, voire après un long délai.

---

(3) Par exemple, pour le contrôle des ESPN, cinq organismes sont habilités par l'ASN: l'APAVE SA, l'ASAP, Bureau Veritas Exploitation, VINCOTTE SA, ainsi que la Direction industrielle d'EDF (ex CEIDRE).

## II. Écarts dans la qualité de réalisation des soudures des tuyauteries principales d'évacuation de la vapeur (dites tuyauteries VVP <sup>(4)</sup>)

Les problèmes de soudures à l'origine du nouveau retard dans la mise en service du réacteur concernent les tuyauteries principales d'évacuation de la vapeur du circuit secondaire <sup>(5)</sup> de l'EPR. Framatome a confié leur réalisation au groupement d'entreprises Fives Nordon – Ponticelli Frères. Ces tuyauteries traversent l'enceinte de confinement du réacteur, composée de deux parois. Huit soudures, dites de traversées, sont localisées au niveau des portions de tuyauteries situées entre ces deux parois et sont donc très difficiles d'accès une fois les tuyauteries installées (cf. schéma ci-dessous). Ces huit soudures ont été réalisées dans l'usine Fives Nordon, à Nancy, de 2012 à 2014, les 58 autres sur le chantier de Flamanville à partir de 2015 <sup>(vi)</sup>.



Avril 2019

Schéma du circuit secondaire principal : les soudures numérotées de 1 à 8 sont les soudures de traversées, situées entre l'enceinte interne et l'enceinte externe de confinement (*source : IRSN*)

Pour la conception et la fabrication des tuyauteries d'évacuation de la vapeur, EDF a souhaité mettre en œuvre une démarche « d'exclusion de rupture », validée par l'ASN lors de l'instruction du décret d'autorisation de création en 2007 <sup>(vii)</sup> : les exigences de conception, de fabrication et de suivi en service, mises au point conjointement par Framatome et EDF, ont été renforcées par rapport aux exigences du code RCC-M <sup>(6)</sup> afin que l'éventualité de leur rupture soit « *hautement improbable* », dispensant ainsi l'exploitant d'étudier les conséquences d'un tel scénario. Afin de garantir le respect de ces exigences lors de la réalisation des soudures, l'ASN a mandaté des organismes agréés chargés du contrôle de la qualité de fabrication <sup>(viii)</sup>.

### Octobre 2012 : début des opérations de soudures

Début des opérations de fabrication des soudures des tuyauteries d'évacuation de la vapeur en atelier à Nancy.

(4) VVP : vapeur vive principale

(5) Le circuit secondaire est un circuit fermé qui conduit de la vapeur (produite dans un générateur de vapeur grâce à la chaleur de l'eau sous pression du circuit primaire) jusqu'à une turbine qui, couplée à un alternateur, produit de l'électricité. La conduite de la vapeur est assurée par les tuyauteries VVP.

(6) Le code RCC-M (Règles de Conception et de Construction des Matériels mécaniques) est le code industriel réunissant les règles de conception et de construction des matériels mécaniques des îlots nucléaires REP. Il est rédigé et édité régulièrement par l'Association française pour les règles de conception, de construction, et de surveillance en exploitation des matériels des chaudières électronucléaires (AFCEN), association professionnelle regroupant exploitants, fabricants, et organismes spécialisés de la filière nucléaire.

*D'octobre 2013 à juin 2014 : Fives-Nordon réalise des tests montrant la non-conformité des soudures*

En octobre 2013, le sous-traitant Fives-Nordon effectue des tests de résilience des soudures grâce à un essai mécanique sur des assemblages témoins. **Les résultats démontrent la non-conformité des soudures par rapport aux critères du code RCC-M. Fives-Nordon procède alors à des contre-essais** <sup>(viii)</sup>, sans démonstration que les mauvais résultats du premier essai provenaient « d'une mauvaise exécution de l'essai, ou de la présence d'un défaut dans l'éprouvette », comme l'exige la norme NF EN ISO 15614-1.

En outre, **aucun test visant à vérifier le respect des exigences de la démarche d'exclusion de rupture**, plus strictes que celles du code RCC-M, n'est réalisé. **Les soudures sont tout de même classées conformes** <sup>(viii)</sup>. En juin 2014, une nouvelle série de tests est réalisée et conclut également à la conformité des soudures malgré des résultats non conformes.

*Juillet 2015 : transmission de ces résultats à Framatome via un organisme mandaté par l'ASN, et détection de l'absence d'information du sous-traitant sur les exigences de la démarche d'exclusion de rupture*

Les résultats de ces tests sont transmis, en 2015, à Framatome et à l'organisme mandaté par l'ASN pour l'évaluation de conformité des ESPN, alors que les traversées sont déjà en cours d'installation à Flamanville <sup>(viii)</sup>. Les écarts de procédure sont alors détectés, ainsi que **la non-prise en compte des exigences de la démarche d'exclusion de rupture, qui n'avaient pas été notifiées au sous-traitant par Framatome.**

**L'organisme mandaté n'informe pas l'ASN de ces anomalies** malgré les prescriptions du guide publié par l'ASN relatif à l'évaluation de la conformité des ESPN <sup>(ix)</sup> qui précise que « si les écarts persistent ou que le respect des exigences ne peut être assuré, l'organisme l'indique et en informe l'ASN ».

*AOût 2015 : Framatome informe EDF des écarts par rapport au référentiel d'exclusion de rupture*

EDF est informée par Framatome que les soudures ne sont pas conformes aux exigences d'exclusion de rupture. Des fiches de non-conformité sont émises <sup>(x)</sup>.

*Fin janvier 2017 : l'ASN est mise au courant par EDF*

**EDF attend fin janvier 2017 (soit un an et cinq mois) pour informer l'ASN** <sup>(xi)</sup> oralement des écarts au référentiel d'exclusion de rupture concernant les huit soudures réalisées en atelier à Nancy.

*Février 2017 : l'ASN constate que le sous-traitant n'a toujours pas été informé des exigences de qualité du référentiel d'exclusion de rupture*

En réaction à cette notification orale d'EDF, l'ASN organise une inspection inopinée des soudures des tuyauteries d'évacuation de la vapeur réalisées à Flamanville. **Les inspecteurs constatent que les exigences d'exclusion de rupture n'ont toujours pas été transmises au sous-traitant** <sup>(xii)</sup>. Suite à une analyse de ces écarts, EDF détecte que plusieurs de ces soudures ne respectent pas les exigences renforcées du référentiel d'exclusion de rupture. En plus de critères de résilience non atteints, un phénomène de vieillissement dynamique indésirable a notamment été constaté <sup>(xiii)</sup>.

*Octobre 2017 : EDF propose à l'ASN un programme de travail pour le traitement des écarts au référentiel d'exclusion de rupture*

Le 19 octobre 2017, EDF présente une proposition de démarche pour le traitement des écarts au référentiel d'exclusion de rupture. L'opérateur assure que, malgré ces écarts, les tuyauteries sont « aptes à assurer leur mission en toute sûreté », et propose de le justifier à l'aide de caractérisations mécaniques complémentaires <sup>(xiii)</sup>.

*Février 2018 : l'ASN refuse la démarche de traitement des écarts proposée par EDF*

Après analyse, avec l'appui de l'IRSN, du programme de traitement des écarts proposé par EDF en octobre 2017, l'ASN informe EDF qu'elle n'accepte pas sa proposition de démarche, **et lui demande d'analyser la possibilité de réaliser à nouveau les soudures concernées**<sup>(x)</sup>.

*Fin mars 2018 : des défauts de fabrication, plus graves encore que les écarts au référentiel d'exclusion de rupture, sont détectés par EDF sur des soudures des tuyauteries du circuit secondaires, dont notamment les tuyauteries VVP*

En Mars 2018, EDF annonce à l'ASN avoir détecté des défauts de fabrication sur certaines soudures du circuit secondaire, et notamment sur les 66 soudures des tuyauteries VVP. 40 % d'entre elles sont concernées par de tels défauts, **dont la gravité est supérieure encore à celle des écarts au référentiel d'exclusion de rupture**. D'après l'ASN, « ces principaux constats [...] traduisent une défaillance d'ensemble de la maîtrise de la réalisation de ces activités de soudage, tant en termes de ressources techniques et de gestion des compétences des intervenants qu'en termes d'organisation, d'encadrement et de surveillance »<sup>(vii)</sup>.

*Juillet 2018 : EDF propose de refaire toutes les soudures VVP concernées par un écart aux exigences du référentiel d'exclusion de rupture ou par un défaut de fabrication, sauf huit*

En juillet 2018, EDF s'engage à remettre à niveau les soudures concernées par les écarts identifiés, hormis les huit soudures de traversées situées entre l'enceinte interne et l'enceinte externe du bâtiment réacteur et très difficiles d'accès. En plus de l'écart de qualité au référentiel d'exclusion de rupture, l'une de ces huit soudures présente un défaut de fabrication<sup>(xiv)</sup>.

Les inspections menées par l'ASN sur les soudures des tuyauteries VVP leur ont permis de mettre en évidence de nombreux écarts par rapport au référentiel d'exclusion de rupture survenus lors de la fabrication des soudures de traversées à Nancy : outre les écarts dans la réalisation des essais mécaniques, le choix du matériau d'apport était inapproprié et la qualification des modes opératoires de soudage utilisés était incomplète. De manière générale, un manque de maîtrise des opérations de soudage et une défaillance du système de surveillance d'EDF et de Framatome sont constatés *a posteriori*<sup>(vii)</sup>.

Ainsi, compte tenu de l'étendue des anomalies, l'ASN demande à EDF, le 2 octobre 2018, un dossier justifiant l'acceptabilité de la démarche proposée par EDF.

*Décembre 2018 : EDF envoie à l'ASN un dossier visant à démontrer que la qualité des huit soudures est suffisante pour ne pas les réparer*

L'ASN reçoit en décembre 2018 un dossier d'EDF dont le but est de démontrer la qualité suffisante des huit soudures que l'exploitant souhaite garder en l'état<sup>(xiv)</sup>.

*Avril 2019 : le groupe d'experts considère que ces soudures doivent être réparées*

L'ASN procède alors à une consultation du groupe permanent d'experts pour les équipements sous pression nucléaires (GP ESPN), qui, après analyse des documents fournis par EDF, considère que les huit soudures doivent être réparées si la démarche d'exclusion de rupture est maintenue<sup>(xv)</sup>.

*7 juin 2019 : EDF propose de les réparer après la mise en service du réacteur*

EDF présente une nouvelle stratégie qui prévoit de réparer les huit soudures une fois le réacteur mis en service<sup>(xi)</sup>.

*19 juin 2019 : l'ASN refuse et demande la réparation avant mise en service du réacteur*

L'ASN refuse cette proposition : les soudures doivent être corrigées avant la mise en service du réacteur<sup>(xvi)</sup>.

### III. Défauts dans la composition du fond et du couvercle de la cuve du réacteur

La fabrication des calottes (couvercle et fond) de la cuve du réacteur a eu lieu dans l'usine Creusot Forge de Framatome. Comme pour les soudures des tuyauteries, l'ASN a mandaté des organismes agréés pour assurer le contrôle technique de la fabrication.

*Octobre 2005 : intention déclarée par Framatome à l'ASN de fabriquer la cuve du réacteur dans l'usine du Creusot*

Framatome informe l'ASN de sa volonté de fabriquer des calottes de la cuve du réacteur EPR de Flamanville dans l'usine de Creusot Forge<sup>(iii)</sup>.

*16 décembre 2005 : l'ASN met EDF en garde contre les nombreuses anomalies constatées dans cette usine*

Suite à une inspection sur site, l'ASN prévient EDF de la détection de nombreux écarts dans l'usine de Creusot Forge<sup>(xvii)</sup>. **EDF décide de maintenir la fabrication d'éléments sous pression nucléaires, dont les calottes de la cuve du réacteur dans les usines de Creusot Forge**, et de renforcer sa surveillance des ateliers.

*21 août 2006 : l'ASN s'inquiète des risques d'hétérogénéité dans les calottes de la cuve*

L'ASN s'inquiète de l'hétérogénéité des caractéristiques mécaniques dans les calottes de la cuve et demande à Framatome de quelle façon l'entreprise compte s'assurer de l'absence de singularités. Framatome répond qu'une réponse sera apportée ultérieurement<sup>(iii)</sup>.

*27 novembre 2007 : Framatome transmet à l'ASN un dossier justifiant le respect des exigences de qualité*

La fabrication des calottes de la cuve étant terminée, Framatome transmet à l'ASN un dossier de qualification technique<sup>(7)</sup> de la calotte supérieure de la cuve. Ce dossier vise à justifier le respect des exigences de qualité fixées par la réglementation définie dans l'arrêté relatif aux équipements sous pression nucléaires<sup>(iii)</sup>.

*12 décembre 2007 : le dossier n'est pas jugé suffisamment complet par l'ASN*

L'ASN refuse cette qualification technique, considérant qu'elle ne permet pas de justifier l'ensemble des exigences de qualité<sup>(iii)</sup>. Framatome envoie alors des révisions de ces dossiers entre 2007 et 2010, qui concluent notamment (à tort) à l'homogénéité de la composition chimique des pièces. Ces dossiers ne sont toujours pas validés par l'ASN, même si les calottes sont déjà fabriquées. L'ASN met Framatome en garde contre cette pratique, qui peut mener au rebut de pièces non conformes à la fin de fabrication.

*1<sup>er</sup> janvier 2008 : l'ASN met en place un système de points d'arrêt*

Afin de mettre fin à cette pratique, l'ASN met en place un système de points d'arrêt qui oblige le fabricant à faire valider les dossiers de qualification technique avant toute fabrication<sup>(iii)</sup>. Les calottes, dont la fabrication s'est terminée avant cette décision, ne sont donc pas concernées.

*2010 : l'ASN demande à Framatome de revoir son dossier de qualification technique des calottes de la cuve du réacteur*

L'introduction de ce nouveau système de points d'arrêt permet de faire progresser la qualité des qualifications techniques, notamment celles de l'homogénéité des pièces. L'ASN demande alors à Framatome d'analyser les écarts entre les modalités de ces qualifications techniques et celles qui ont été mises en place par Framatome jusqu'ici (et qui n'ont pas reçu la validation de l'ASN)<sup>(iii)</sup>.

---

(7) Il s'agissait de la qualification M140 du code RCC-M, qui caractérise uniquement certaines zones du composant et non l'ensemble du volume.

***Début 2012 : Framatome informe l'ASN que certains paramètres n'avaient pas été analysés dans les derniers dossiers de qualification technique des calottes de la cuve***

L'analyse de ces écarts montre que l'effet d'un certain nombre de paramètres n'avait pas été caractérisé par Framatome<sup>(iii)</sup>.

***Juillet 2012 : des essais sont lancés pour vérifier que ces paramètres sont conformes***

Framatome lance des essais (sur une autre calotte similaire à celle de la cuve de l'EPR de Flamanville) dont le but est de vérifier que ces caractéristiques sont conformes aux exigences.

***Octobre 2014 : les résultats des essais montrent la non-conformité de la concentration de carbone dans certaines zones***

Les résultats de ces tests sont transmis à l'ASN. Conclusion : les résultats d'essai mécanique sont non conformes. Les concentrations de carbone dans certaines zones des calottes sont trop importantes, entraînant une diminution de leur résilience mécanique<sup>(iii)</sup>.

***Juillet 2015 : Framatome propose de faire des essais montrant que les propriétés des calottes restent acceptables pour leur mise en service***

Framatome propose une démarche visant à justifier le caractère tout de même suffisant des propriétés des calottes de la cuve. Ces essais auraient lieu à Erlangen, en Allemagne<sup>(iii)</sup>.

***Décembre 2015 : après consultation du GP ESPN, l'ASN accepte la démarche***

L'ASN consulte le groupe permanent d'experts sur les ESPN, dont le rapport est rendu le 30 septembre 2015. Le 12 décembre 2015, l'ASN valide la démarche proposée par Framatome, et mandate un organisme habilité pour surveiller la réalisation des essais<sup>(iii)</sup>.

***Avril 2016 : un audit qualité de l'usine du Creusot, lancé par Framatome en décembre 2015, révèle de sérieuses anomalies dans le contrôle de qualité***

Fin 2015, à la suite d'une demande de l'ASN, Framatome décide d'analyser l'ensemble des dossiers des pièces fabriquées au Creusot depuis la date de début de fonctionnement de l'usine, en 1965. Le 25 avril 2016, le fabricant transmet à l'ASN les premières conclusions de l'audit : au moins 400 dossiers de fabrication comportent des incohérences, dont 20 irrégularités qui concernent des équipements destinés au réacteur EPR de Flamanville<sup>(xviii)</sup>. La possibilité de falsifications n'est pas exclue.

***Décembre 2016 : les essais sur les calottes montrent leur conformité, d'après Framatome***

Les conclusions des essais justifiant le caractère conforme des calottes de la cuve sont remises à l'ASN<sup>(xix)</sup>.

***Octobre 2017 : l'ASN valide les conclusions de Framatome***

L'ASN, avec l'appui de l'IRSN, et après consultation du groupe d'experts et du Conseil supérieur de prévention des risques technologiques, ainsi qu'une consultation publique, conclut que l'anomalie de composition des calottes de la cuve ne remet pas en cause la sûreté du réacteur<sup>(xx)</sup>.

***Octobre 2018 : L'ASN autorise la mise en service de la cuve du réacteur***

Le 9 octobre 2018, l'ASN autorise la mise en service de la cuve du réacteur à la suite d'une demande déposée par Framatome le 13 juillet 2018, sous réserve de la réalisation d'un programme d'essais de suivi du vieillissement thermique et de contrôles spécifiques lors de l'exploitation de l'installation. Néanmoins, l'utilisation du couvercle de la cuve est limitée à 2024<sup>(xxi)</sup>.

Depuis l'autorisation de mise en service de la cuve du réacteur, aucune anomalie concernant la cuve n'a été rapportée par l'ASN.

Annexe n°1 : Tableau (non exhaustif) des principales anomalies survenues lors de la construction de l'EPR de Flamanville

	Anomalie	Date de détection (si sensiblement différente de la date de notification)	Date de notification à l'ASN	Date de résolution	Reproches formulés par l'ASN et causes à l'origine de l'anomalie
1	Apparition de fissures dans un bloc de béton du radier de l'îlot		5 décembre 2007 (par EDF)	8 février 2008	- NA, problème classique lors du bétonnage en grande dimension
2	Anomalies de ferrailage sur les plots du radier de l'îlot nucléaire par rapport aux plans d'origine		5 mars 2008 (anomalies relevées par l'ASN)	17 décembre 2008	- Insuffisance des contrôles techniques du sous-traitant - Insuffisance de la surveillance du prestataire par EDF
3	Soudures défectueuses du liner <sup>(8)</sup>		- 12 décembre 2008 (anomalies relevées par l'ASN)  - Puis 23 juillet 2009 (par EDF)	Août 2010	- Mauvaise position de soudage à l'origine des anomalies - Insuffisance de la surveillance du prestataire par EDF
4	Rugosité fréquemment insuffisante entre des coulées de béton		Août 2009 (anomalies relevées par l'ASN)	Novembre 2010	- Utilisation d'un produit chimique non adapté à la tâche
5	Anomalies de positionnement des gaines de précontraintes <sup>(9)</sup>		18 novembre 2009 (anomalies relevées par l'ASN)	Juillet 2011	- Manque de compétence et de formation à la culture de sûreté des prestataires - Insuffisance de la surveillance d'EDF

(8) Peau métallique interne du bâtiment réacteur

(9) Il s'agit d'un système permettant de renforcer la résistance mécanique d'une structure.



	Anomalie	Date de détection (si sensiblement différente de la date de notification)	Date de notification de l'ASN	Date de résolution	Reproches formulés par l'ASN et causes à l'origine de l'anomalie
6	Anomalies dans les murs en béton des piscines du réacteur (nids de cailloux <sup>(10)</sup> )		7 juillet 2011 (par EDF suite à des demandes de l'ASN)	22 novembre 2011	- Contrôle et compétence insuffisants des intervenants - Insuffisance de la surveillance d'EDF
7	Anomalies au niveau des soudures du couvercle de la cuve	Automne 2010	Juillet 2011 (Par Framatome)	Janvier 2013	- Insuffisance des contrôles du sous-traitant par Framatome
8	Épaisseur insuffisante de la couche de métal au niveau de ces soudures		Juillet 2011 (Par Framatome)	Janvier 2013	- Insuffisance des contrôles du sous-traitant par Framatome
9	Anomalies des tuyauteries auxiliaires (arrachements de métal au niveau de la surface interne)		Mars 2011 (Par Framatome)	Novembre 2011	- Insuffisance des contrôles du sous-traitant par Framatome
10	Anomalies au niveau des soudures des consoles du pont polaire <sup>(11)</sup>		14 décembre 2011 (par EDF)	Fin janvier 2013	- Manque de compétence du prestataire
11	Présence de « vides » dans des structures en béton du bâtiment réacteur <sup>(12)</sup>		Mars 2012 (Par EDF suite à un retour d'expérience du chantier du réacteur EPR en Finlande)	Août 2012	- Dispositions non suffisantes pour du bétonnage complexe

(10) Un nid de cailloux est une zone dans le béton où le ciment n'est pas en concentration suffisante.

(11) Pont de manutention situé sous le bâtiment réacteur, reposant sur les consoles en question

(12) Il s'agit de vides derrière les batardeaux (structures qui séparent les différents compartiments des piscines du bâtiment réacteur).

	Anomalie	Date de détection (si sensiblement différente de la date de notification)	Date de notification de l'ASN	Date de résolution	Reproches formulés par l'ASN et causes à l'origine de l'anomalie
12	Écarts de bétonnage dans une structure de béton dans le bâtiment réacteur		Janvier 2014 (par EDF)	Courant 2014	- Mauvaise prise en compte du ruissellement de l'eau de pluie qui a dégradé la qualité du béton
13	Écarts concernant la mise sous tension de câbles de précontrainte dont l'efficacité était très réduite		Juillet 2014 puis février 2015 (Par EDF)	Mars 2015 mais l'ASN considère que l'organisation d'EDF reste « perfectible »	- Mauvaise organisation d'EDF dans la réalisation des opérations
14	Défauts de soudure lors de la première séquence de montage du circuit primaire de réacteur		Octobre 2014, mai 2015, puis juin 2015 (par Framatome)	Mars 2016	- Insuffisance des contrôles du sous-traitant par Framatome
15	Défauts dans la composition du fond et du couvercle de la cuve du réacteur		Octobre 2014 (Par Framatome)	Octobre 2017	- Contrôles techniques de Framatome insuffisants
16	Écarts dans la qualité de réalisation des soudures des tuyauteries principales d'évacuation de la vapeur	Entre 2013 et 2014 (par le sous-traitant)	Janvier 2017 (Par EDF)	En cours	- Non-transmission des exigences de qualité au sous-traitant  - Contrôles techniques du sous-traitant insuffisants  - Surveillance insuffisante d'EDF et de Framatome

## Annexe n°2 : Les réacteurs EPR dans le monde

La technologie EPR française a été retenue pour **six réacteurs** dans le monde, dont deux sont déjà en service et quatre en construction :

- **Olkiluoto (Finlande)**

Début des travaux : 2005.

Le chantier a pris neuf ans de retard et généré un important contentieux entre Areva et l'opérateur finlandais TVO. La mise en service est prévue pour 2019.

A noter : le référentiel retenu par l'Autorité de sûreté finlandaise pour les tuyauteries principales d'évacuation de la vapeur n'est pas celui de « l'exclusion de rupture » mais le concept de « fuite avant rupture ». Ce concept, reconnu dans plusieurs pays, considère qu'avant rupture, des signes précurseurs de fuite apparaîtraient et qu'une surveillance de bon niveau permettrait d'intervenir bien avant l'évolution vers une possible rupture. Cette démarche n'est pas acceptée en France.

- **Flamanville**

Début des travaux : 2007.

Fin actuellement envisagée : 2022

- **Taishan 1 et 2 (Chine)**

Début des travaux : 2009.

Le réacteur franco-chinois Taishan 1 a été raccordé au réseau en août 2018 ; sa mise en service commerciale est intervenue le 13 décembre 2018 : c'est le premier réacteur EPR au monde à fonctionner.

Le réacteur Taishan 2 a été raccordé au réseau le 23 juin 2019 et sa mise en service commerciale est prévue au début de l'automne 2019.

Ce projet d'EPR chinois a aussi connu des difficultés car initialement, la mise en service était prévue pour 2013, puis 2016, enfin 2018.

- **Hinkley Point (Grande Bretagne)**

Un accord a été conclu en septembre 2016 entre la Grande Bretagne, EDF et le groupe chinois CGN pour la construction de **deux réacteurs** de 1650 MW à Hinkley Point.

La première étape du chantier (construction de la plate-forme des fondations des bâtiments nucléaires, une dalle de béton de 4 500 tonnes, et la réalisation de galeries souterraines et la construction d'un mur de protection du site) s'est achevée, conformément à ce qui était prévu dans l'accord, le 28 juin 2019.

La livraison du premier réacteur est prévue pour la fin de l'année 2025.

A noter : pour faire face à une pénurie de compétences au Royaume-Uni (comme en Europe) dans certains domaines, notamment la soudure, un centre de formation doit être ouvert à Bridgwater avec l'ambition de fournir chaque année 350 à 500 qualifications de soudage.

## **Les perspectives actuelles pour le réacteur EPR**

Les perspectives actuelles sont de deux ordres :

- Se servir de l'expérience des EPR en construction, notamment à Flamanville, pour **développer un EPR2** au design simplifié, moins coûteux et plus facile à construire, pour

notamment renouveler le parc nucléaire français à l'horizon 2030. L'objectif serait de passer d'un coût unitaire par réacteur de 10 à 5 ou 6 milliards d'euros.

- Trouver d'autres débouchés à l'exportation, principalement **en Inde** où un accord-cadre entre la France et l'Inde comprenant notamment la construction de six réacteurs EPR sur le site de Jaitapur à l'ouest du pays a fait l'objet en 2018 d'une offre commerciale officielle par EDF dont la négociation est en cours, et en **Arabie saoudite**, pays qui se montre intéressé par la technologie EPR. La **Grande-Bretagne** pourrait faire construire deux autres réacteurs EPR.

## RÉFÉRENCES

---

- (i) Conférence de presse du 20 juin 2019 de Bernard Doroszczuk, président de l'ASN
- (ii) « Le contrôle de la construction du réacteur Flamanville 3 de type EPR », publié par l'ASN dans le dossier *Les éléments marquants en 2008*
- (iii) *Note en vue de la réunion du 23 mars 2016 du groupe de suivi du HCTISN portant sur l'anomalie de la cuve de Flamanville 3*, publiée le 21 mars 2016 par l'ASN
- (iv) Depuis 2002, l'ASN met en ligne, les lettres de suite de toutes les inspections réalisées dans les installations nucléaires de base
- (v) Note d'information publiée par l'ASN le 2 juin 2008
- (vi) Rapport ASN référencé CODEP-DEP-2019-001227 publié le 26 mars 2019
- (vii) Courrier de l'ASN à EDF référencé CODEP-DEP-2018-048051 du 2 octobre 2018
- (viii) Lettre de suite de l'inspection des 27 et 28 février 2018 référencée CODEP-CAE-2018-019467
- (ix) Guide de l'ASN n°8 : *Évaluation de la conformité des équipements sous pression nucléaires*
- (x) Courrier de l'ASN à EDF référencé CODEP-DCN-2018-000199 du 2 février 2018
- (xi) *Chronologie de fabrication et de traitement des écarts des soudures des traversées VVP du réacteur EPR de Flamanville*, document publié par l'ASN sur son site
- (xii) Lettre de suite de l'inspection du 21 février 2017 référencée CODEP-CAE-2017-009906
- (xiii) *Écarts affectant les soudures des tuyauteries principales d'évacuation de la vapeur situées au niveau des traversées de l'enclaustrage de confinement du réacteur EPR de Flamanville*, note technique publiée par l'ASN le 20 juin 2019
- (xiv) Note d'information publiée par l'ASN le 9 mai 2019
- (xv) *Avis relatif à la démarche d'EDF de traitement des écarts affectant les soudures des lignes principales de vapeur en exclusion de rupture du réacteur EPR de Flamanville*, remis à l'ASN par le GP ESPN suite à la réunion des 9 et 10 avril 2019
- (xvi) Communiqué de presse publié le 20 juin 2019 par l'ASN
- (xvii) Lettre envoyée à EDF par l'ASN le 16 décembre 2005 (rendue publique)
- (xviii) Note d'information publiée par l'ASN le 16 juin 2016
- (xix) Note d'information publiée par l'ASN le 28 juin 2017
- (xx) 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
- (xxi) Note d'information publiée par l'ASN le 10 octobre 2018