

# Historique EDF des calottes de cuve de Flamanville 3

## Sommaire

1.	Contexte.....	2
2.	Les requis réglementaires.....	2
3.	Rappel du rôle d'EDF dans la fabrication des équipements.....	2
4.	Approvisionnement des calottes de Flamanville 3.....	3
5.	Exigences exprimées par EDF en amont de la fabrication des calottes.....	3
6.	Mise en place de la Qualification Technique conformément à l'arrêté ESPN.....	4
7.	Engagement et réalisation du programme d'essais sur la carotte centrale de la calotte UA.....	5
8.	Etat des connaissances sur les ségrégations.....	6
9.	Actions de surveillance menées par EDF.....	7
9.1.	Surveillance documentaire de la fabrication de la cuve Flamanville 3.....	7
9.2.	Surveillance des opérations de fabrication et de montage.....	7
10.	Conditions d'introduction de la cuve dans le puits de cuve.....	8
11.	Références.....	9

## **1. CONTEXTE**

---

Des essais mécaniques menés sur la calotte supérieure de la cuve UA, dans le cadre de la Qualification Technique des calottes de la tranche de Flamanville 3, ont mis en évidence une valeur de résilience de l'acier inférieure au requis dans certaines zones [1]. Ces résultats ont été obtenus après l'installation de la cuve sur le site de Flamanville.

AREVA, en tant que fabricant, a proposé alors à l'ASN une campagne d'essais approfondie sur des calottes représentatives, afin de connaître précisément la localisation de la zone concernée ainsi que ses propriétés mécaniques. La ministre de l'Ecologie, du Développement Durable et de l'Energie a, par courrier du 5 octobre 2015, saisi le Haut Comité à la Transparence et à l'Information sur la Sécurité Nucléaire, afin de veiller à la transparence du processus expérimental engagé et à la bonne transmission des informations vers la société civile.

L'objet de ce document est de rappeler le rôle d'EDF dans le suivi de la fabrication de ces calottes et l'état de ses connaissances sur la problématique des ségrégations majeures positives des lingots de grande taille tout au long de ce processus de fabrication.

## **2. LES REQUIS RÉGLEMENTAIRES**

---

L'arrêté du 26 février 1974 imposait les requis suivants :

- Allongement à rupture à la température ambiante : supérieur ou égal à 18%
- Résilience moyenne à la température de 0°C : supérieure ou égale à 40 J, portée à 56 J pour les aciers de résistance maximale à la traction comprise entre 600 et 700 N/mm<sup>2</sup>.

Les règles techniques d'octobre 1999 définissent le principe de la qualification technique que l'on retrouvera dans l'arrêté ESPN, en particulier en imposant une qualification en tout point de la pièce. Par ailleurs, elles actualisent les caractéristiques requises en valeur individuelle supérieure ou égale à :

- 20% à la température ambiante pour l'allongement à la rupture,
- 40 J, portée à 60 J pour les matériaux de résistance maximale à la traction comprise entre 600 et 800 N/mm<sup>2</sup>, pour la résilience à 0°C.

L'arrêté dit ESPN (annexe 1) du 12 décembre 2005, impose les mêmes requis que les règles techniques de 1999, sans toutefois préciser qu'il s'agit de valeurs individuelles.

## **3. RAPPEL DU RÔLE D'EDF DANS LA FABRICATION DES EQUIPEMENTS**

---

Si AREVA, en tant que fabricant, assure la responsabilité de la fabrication des équipements sous pression et atteste de leur conformité aux exigences réglementaires, EDF, en tant qu'exploitant de l'installation nucléaire de base, spécifie ses exigences techniques et surveille les études ainsi que la fourniture de ces équipements.

Dans ce cadre, EDF dispose d'un centre d'expertise, le CEIDRE, mandaté pour la surveillance des documents relatifs à la fabrication, ainsi que la surveillance en usine des opérations de fabrication.

#### **4. APPROVISIONNEMENT DES CALOTTES DE FLAMANVILLE 3**

---

AREVA a informé EDF en septembre 2005 des fournisseurs retenus pour les pièces forgées de la cuve :

- JSW pour les viroles, la bride du couvercle et la zone de transition,
- Creusot Forge (Sfarsteel Groupe France Essor de 2003 à 2006, puis Groupe AREVA) pour les tubulures et les calottes supérieures et inférieures.

EDF a bien pris note de ce choix motivé par les capacités de fabrication (Creusot Forge n'avait pas la capacité de réaliser les très grosses pièces telles que la virole porte-tubulures ou la bride de couvercle), les plans de charge et les calendriers de fabrication (tant chez JSW que chez Creusot Forge).

#### **5. EXIGENCES EXPRIMÉES PAR EDF EN AMONT DE LA FABRICATION DES CALOTTES**

---

Les exigences exprimées par EDF en amont de la fabrication des calottes précisent la réglementation à appliquer, à savoir : l'approvisionnement des éléments constitutifs des gros composants de la chaudière (donc des calottes) et l'émission de la documentation associée, a été fait conformément à l'arrêté ESPN [2] et au RCC-M [3]. Si des spécifications particulières sont requises pour les viroles de cœur et les tubulures de cuve, aucune spécification particulière, supplémentaire à celles de l'arrêté ESPN et du RCC-M, n'est requise pour les calottes. La Spécification Technique de Référence (STR) du RCC-M pour les calottes de cuves est la STR M 2131. Pour les opérations de forgeage, la STR exprime clairement qu'un chutage suffisant doit être effectué pour éliminer la retassure et la majeure partie des ségrégations. Elle indique, par ailleurs, que la face intérieure de la calotte doit être située côté pied du lingot (hors de la zone de ségrégation majeure positive), afin d'éviter le risque de Défauts Sous Revêtement (DSR).

Par ailleurs, EDF n'a pas exprimé d'exigences complémentaires en partie centrale des calottes de Flamanville 3 en se basant sur la qualification des 2 couvercles monoblocs fabriqués pour Cruas 3 et Chinon B3 (couvercles de remplacement).

En effet, la fabrication des calottes de cuve est contemporaine de la fabrication, par Creusot Forge, des couvercles de cuve monoblocs (couvercle monobloc par CF : période 2004 – 2006 ; calottes FA3 : période 2006 – 2007). La qualification M140 pour les calottes a ainsi pu bénéficier de la qualification du couvercle monobloc. Il faut rappeler que le poids du lingot utilisé pour la fabrication des 2 couvercles monoblocs de remplacement pour le Parc était d'environ 195 tonnes ; celui utilisé pour la fabrication du couvercle de Flamanville 3 était d'environ 156 tonnes, donc ne présentant pas a priori de sensibilité plus importante à la ségrégation. La fabrication de ces couvercles monoblocs avait fait l'objet d'une spécification particulière (le code RCC-M ne prévoit pas la fabrication de tels couvercles).

Dans ce cadre, et considérant que Creusot Forge n'avait pas le retour d'expérience suffisant sur la fabrication de couvercles monoblocs, EDF et AREVA avaient demandé à Creusot Forge des essais mécaniques dans une carotte de la zone centrale de ces couvercles. Il est considéré alors, à dire d'experts, que les valeurs obtenues pour la qualification sont cohérentes avec les requis réglementaires (arrêté de 1974 et règles techniques).

La qualification M140 du couvercle monobloc (couvercle de remplacement 900 MWe) a été validée par EDF dans sa version préliminaire fin 2005 et au 1<sup>er</sup> semestre 2006 dans sa version finale, avec une réserve relative au suivi des résidus de ségrégation en peau interne du couvercle.

La documentation d'approvisionnement (PTF - Programme Technique de Fabrication - et rapport de qualification M140) pour les calottes de Flamanville 3 a été surveillée par EDF et, en particulier, le PTF a été validé courant du premier semestre 2006 sur la base de l'expérience récente du couvercle monobloc.

En fin de fabrication de ces forgés, un seul écart a été émis pour la calotte Sup concernant un non respect d'une exigence du PTF en lien avec un usinage. La surveillance documentaire des deux rapports de qualification M140 a été faite par EDF (CEIDRE) avec acceptation des deux documents émis, et validation des Rapports de Fin de Fabrication (RFF) en octobre 2007 pour la calotte supérieure et décembre 2007 pour la calotte inférieure.

## **6. MISE EN PLACE DE LA QUALIFICATION TECHNIQUE CONFORMÉMENT À L'ARRÊTÉ ESPN**

---

Les premiers échanges relatifs aux Qualifications Techniques ont débuté mi 2005 entre EDF et AREVA, avant même la publication de l'arrêté ESPN, dans le cadre de l'évaluation de la faisabilité de la réutilisation, pour le projet FA3, des qualifications dites M140 du RCC-M.

Lors de la SPN de janvier 2006, l'ASN indique que, « *dans l'hypothèse où la solution du couvercle monobloc ne pourrait pas être mise en œuvre et compte tenu des évolutions dimensionnelles du couvercle de l'EPR par rapport aux couvercles de rechange approvisionnés chez le forgeron Creusot Forge, le Projet devra préciser si la qualification technique, telle qu'exigée dans le projet d'arrêté relatif aux ESPN, peut être supportée, en partie, par la qualification des couvercles de rechange établie suivant le chapitre M140 du code RCC-M* ». Cette conclusion de l'ASN confortait EDF et AREVA dans leur idée que le chapitre M140 du code RCC-M répondait à la Qualification Technique demandée par l'arrêté.

En mars 2006, EDF a rappelé à AREVA ses engagements concernant les approvisionnements anticipés FA3 [4], soit :

- le respect des exigences techniques de l'arrêté ESPN ;
- la réalisation des gestes nécessaires a posteriori garantissant le respect de l'arrêté ESPN pour les équipements.

Dès la décision d'engagement du projet Flamanville 3 (11/5/2006), une revue technique EDF/AREVA a jugé de l'acceptabilité de la réaffectation au projet, des pièces forgées en cours de fabrication. Il faut noter que les 2 calottes de Flamanville 3 ont été fabriquées ultérieurement à cette réaffectation de pièces forgées.

L'application de la réglementation ESPN et, plus particulièrement la qualification technique, a été demandée par EDF et acceptée par AREVA dans l'état de la compréhension des modalités de la qualification technique jugée proche de la qualification M140 RCC-M en 2006 (voir doc AREVA RFP20641REC sur la conformité des exigences ESPN). Dans la conclusion de cette revue, EDF demande à AREVA de vérifier auprès de l'ASN, l'acceptation de cette position.

En janvier 2007, EDF rappellera à AREVA que pour l'ASN, la qualification technique de pièce définie au §3.2 de l'annexe 1 de l'arrêté ESPN ne peut être réduite à une qualification technique de pièce au sens RCC-M, c'est-à-dire une qualification M140 [5].

Les discussions sur les modalités d'application de l'arrêté ESPN, qui ont eu lieu entre l'ASN et le fabricant, n'ont pas impliqué EDF, l'ASN se positionnant dans le cadre des obligations imposées au fabricant par la réglementation ESPN<sup>1</sup>. A ce titre, les courriers [6 – 11] n'ont pas été envoyés à EDF.

En septembre 2008, un groupe de travail tripartite ASN/AREVA/EDF est mis en place afin de traiter des modalités techniques de l'application de l'arrêté ESPN. Dans le cadre de ce groupe de travail, EDF est mis au courant des discussions ASN/AREVA concernant la Qualification Technique. On peut noter dans le compte rendu de la réunion tripartite du 14 janvier 2011, que « l'ASN indique à EDF qu'elle peut lui présenter si nécessaire les objectifs de la démarche de qualification technique ».

En juillet 2011, après divers échanges relatifs aux possibilités de décote des caractéristiques mécaniques dans certaines zones pour des pièces à fabriquer, l'ASN DEP décide de saisir le GP ESPN qui se réunira le 23 novembre 2011. Ce GP ESPN, centré sur les futures fabrications et qualifications techniques, ne traitera pas des calottes de Flamanville 3.

En juin 2012, lors d'une réunion tripartite, EDF rappelle son souhait qu'un groupe de travail de l'AFCEN soit mis en place au second semestre 2012 afin d'engager un travail de codification de la démarche de qualification technique. AREVA propose alors que ce groupe de travail aborde la nature des composants soumis à l'exigence de qualification technique. L'ASN valide les positions EDF et AREVA. Ce groupe de travail sera mis en place en août 2012.

## **7. ENGAGEMENT ET RÉALISATION DU PROGRAMME D'ESSAIS SUR LA CAROTTE CENTRALE DE LA CALOTTE UA**

---

En août 2011, parallèlement aux opérations de reprise du couvercle de cuve liées au montage des adaptateurs des mécanismes de commande de grappes, EDF a demandé à AREVA de proposer une solution de back-up pour le couvercle de FA3. Cette solution avait pour but de limiter les risques pour le projet EPR de Flamanville en cas de nouveaux aléas potentiels pouvant entraîner le rebut du couvercle.

Entre mi et fin 2011, plusieurs réunions de travail internes EDF/AREVA ont permis d'étudier plusieurs scénarii de back-up, parmi lesquels notamment la calotte UA dédiée initialement à Calvert Cliffs 3 et la calotte Penly 3 (qui n'a finalement pas été coulée).

---

<sup>1</sup> Le groupe d'échanges et de suivi AREVA/EDF/ASN mis en place en 2015 sur les modalités d'application de l'arrêté ESPN, a permis de faire évoluer cette situation.

Pour des raisons de mise à disposition, la calotte UA a finalement été retenue dans la stratégie de back-up moyennant la rédaction par AREVA d'un dossier de réconciliation.

Cette stratégie a été présentée à l'ASN au cours de la réunion tripartite du 15/02/12. L'ASN a réagi par mail sur le sujet le 26/03/12 et n'était pas opposée à l'analyse d'un dossier de réconciliation apportant un niveau de garantie au moins égal à celui obtenu pour le couvercle de Flamanville 3.

Cette stratégie de back-up a été abandonnée à la fin de la phase de retrait des adaptateurs du couvercle de Flamanville 3, phase considérée comme la plus à risques.

Cette calotte a été ensuite convertie en outillage d'épreuve hydraulique suite à la première épreuve hydraulique non satisfaisante du corps de cuve FA3.

A la fin de l'été 2012, EDF est informé qu'un prélèvement dans la carotte centrale sera réalisé à titre de complément par rapport à la SQT (Synthèse de Qualification Technique) du couvercle. AREVA a informé l'ASN de ce point via les courriers PTSI/2012.0398 (31/07/12) et PTSI/2012.0440 (03/09/12). Dans ce dernier courrier, AREVA précise « *qu'une série d'éprouvettes sera ensuite prélevée dans ce carottage pour réaliser des essais complémentaires décrits dans le dossier d'antériorité de la calotte supérieure de FA3, lesquels permettront de compléter la qualification technique de cette calotte* ».

La note d'antériorité [12] d'AREVA, faisant suite au courrier de l'ASN à destination d'AREVA de mars 2011 [10], dans sa version datée de septembre 2013, indique bien qu'une carotte sera prélevée dans la calotte supérieure de UA.

Dans son mail du 02/08/12 vers AREVA, l'ASN a demandé à ce que l'opération de prélèvement soit surveillée par un organisme à définir par AREVA. Sur ce point, AREVA s'engage, par ailleurs, dans son courrier à associer EDF.

La carotte a été découpée le 12/11/12 par AREVA. Une Fiche de Non Conformité (FNC) interne a été ouverte sur le faible diamètre de la carotte pour la découpe des éprouvettes. Un suivi de la découpe a été réalisé par EDF (CEIDRE) avec vérification des reports de marquage (et localisation tête / pied) et conservation de la traçabilité. Les essais ont ensuite été réalisés à l'été 2014 par AREVA, puis les résultats communiqués à EDF en octobre 2014.

## **8. ETAT DES CONNAISSANCES SUR LES SÉGRÉGATIONS**

---

La lecture des courriers de l'ASN à destination d'AREVA entre 2006 et 2012 publiés sur le site de l'ASN [6–11] montre que les questionnements de l'ASN concernent le respect de l'arrêté ESPN (vérification du respect de la réglementation en tout point de la pièce) et non un aspect métallurgique. Ainsi, lors de la SPN de 2006, la seule référence du compte rendu aux ségrégations, concerne la virole porte-tubulure.

EDF a travaillé sur le comportement sous irradiation des ségrégations de type A qui se trouvent en périphérie de la zone de ségrégation majeure positive et donc, potentiellement en peau interne des viroles de cœur issues de lingot plein. Ce dossier a fait l'objet d'une synthèse envoyée à l'ASN en juillet 2011.

Il faut rappeler que les calottes du Parc en exploitation (hors GVR) sont issues principalement de tôles ou de lingots LSD, c'est-à-dire avec un risque très faible de ségrégations résiduelles pour ces deux solutions. L'utilisation de lingots pleins conventionnels concerne presque exclusivement les plaques à tubes.

Le passage au lingot conventionnel (LCO) pour la fabrication des calottes des GVR ou de Flamanville 3, n'a pas rencontré d'opposition de la part d'EDF sur la base des éléments suivants :

- l'utilisation des résultats obtenus pour les 2 couvercles monoblocs de remplacement du Parc dans le cadre de la validation du Programme Technique de Fabrication (PTF) des calottes ;
- une maîtrise de la ségrégation face au risque de Défauts Sous Revêtement (DSR) pour les forgés revêtus, qui était identifié à EDF comme le seul risque inhérent à la présence de ségrégation majeure positive.

## **9. ACTIONS DE SURVEILLANCE MENÉES PAR EDF**

---

La surveillance par EDF de la fabrication de la cuve de Flamanville 3 concernait à la fois, la surveillance documentaire et la surveillance des opérations de fabrication. Les deux calottes de cuve de Flamanville 3 ont fait l'objet d'une surveillance conforme à la doctrine d'EDF (CEIDRE) applicable à cette époque, avec une fabrication allant de l'été 2006 à fin 2007.

A la suite de ces opérations de surveillance, la qualification M140 des calottes inférieure et supérieure de Flamanville 3 a été validée par EDF en février 2008 [13].

### **9.1. Surveillance documentaire de la fabrication de la cuve Flamanville 3**

La surveillance documentaire d'EDF (CEIDRE) était définie par un programme de surveillance. Celui-ci demandait un avis systématique sur les spécifications d'équipements, les dossiers de qualification M140, les cahiers de soudage, les procédures CND de fabrication, les dossiers matériaux et les fiches d'anomalie relevant de la compétence d'EDF (CEIDRE). Ceci a conduit à assurer la surveillance de plus de 110 documents. Un bilan de cette surveillance a été réalisé. Ce bilan avait pour objectif de rendre compte de la surveillance effectuée, tant au niveau de son exhaustivité que des délais de réponse d'EDF (CEIDRE), mais aussi de contribuer à l'évaluation du titulaire AREVA et du fournisseur Creusot Forge au travers de la qualité de la documentation reçue.

### **9.2. Surveillance des opérations de fabrication et de montage**

Les deux calottes étant des pièces de qualification M140, elles ont fait l'objet d'une surveillance appuyée des essais de recette. Vingt trois interventions ont été réalisées par l'inspection EDF (CEIDRE) et ont fait l'objet de 18 Comptes Rendus d'Actions (CRA). Tous les points guides réalisés ont été appréciés « conforme » par l'inspecteur, en dehors d'un écart pour l'usinage de la calotte supérieure, dont le traitement a été validé par EDF.

Les actions de surveillance ont porté sur les opérations suivantes :

- levée des préalables
- suivi des opérations de forgeage
- traitement thermique de qualité
- prélèvement des coupons d'essais sur couronne

- essais mécaniques (tractions ambiante / à chaud et résiliences)
- essais mécaniques (Pellini)
- essais non destructifs (ressuage et ultrasons).

Plus précisément pour ce qui concerne le sujet des ségrégations, la surveillance documentaire a permis de vérifier que le taux de chutage sur la calotte supérieure était conforme au RCC-M : en Tête = 20.1% (RCC-M = 13% mini) et en Pied = 9.2% (RCC-M = 4% mini).

En ce qui concerne le montage de la cuve sur le site de Flamanville, EDF (CEIDRE) a surveillé les opérations de soudage de la cuve sur le circuit primaire, ainsi que les CND et la documentation associés à ces opérations.

## **10. CONDITIONS D'INTRODUCTION DE LA CUVE DANS LE Puits DE CUVE**

---

En 2012, EDF a eu connaissance des essais complémentaires demandés par l'ASN au centre de la calotte UA. Lors de l'installation de la cuve sur le site de Flamanville 3 en janvier 2014, EDF considérait la qualification technique de la calotte inférieure acquise, les résultats des essais n'étant attendus que pour le couvercle.

L'introduction de la cuve dans le puits de cuve est autorisée par l'ASN le 26 novembre 2013 [14].



## 11. RÉFÉRENCES

---

- [1] – Calotte supérieure UA. Synthèse des expertises métallurgiques. Document AREVA n° MDHTDM DT 14.028, révision A, décembre 2014.
- [2] – Arrêté relatif aux équipements sous pression nucléaires (ESPN) du 12/12/2005.
- [3] – RCC-M édition 2000 + modificatif 2005 + addenda EPR (conformément à la note FRAMATOME NFPMT DC 47 ind B).
- [4] – Observations sur la spécification d'équipement cuve NFPMRDC1145B – Document EDF-CNEN n°ECEMA060414, mars 2006.
- [5] – Fiche d'observations relative à la note NFEMG DC 80 révision F – Document EDF-CNEN n°ECEMA070136, janvier 2007.
- [6] – Courrier BCCN n°DEP6SD5-0345-2006 du 21 août 2006 à destination d'AREVA.
- [7] – Courrier DEP n°DEP-0125-2007 du 2 avril 2007 à destination d'AREVA.
- [8] – Courrier DEP n°DEP-0300-2007 du 16 juillet 2007 à destination d'AREVA.
- [9] – Courrier DEP n°DEP-0550-2007 du 12 décembre 2007 à destination d'AREVA.
- [10] – Courrier n° CODEP-DEP-2011-014592 du 29 mars 2011 à destination d'AREVA.
- [11] – Courrier n° CODEP-DEP-2012-055770 du 15 octobre 2012 à destination d'AREVA.
- [12] – FA3 – Qualification Technique – Note d'antériorité – Note AREVA n° D02-PEEM-F-13-0989, rév. A, septembre 2013.
- [13] – Note EDF-CEIDRE n° EDEAFR080217, février 2008.
- [14] – Courrier n° CODEP-DEP n°DEP-2013-063247 du 26 novembre 2013 à destination d'AREVA.