

FA3

Calottes de cuve

Historique

*29 juin 2016  
GS HCTSIN*



# Sommaire

1. Historique de la Forge du Creusot
2. Conception de la cuve
3. Qualification technique
4. Montage de la cuve



# Forgeage et assemblage des composants lourds de la boucle primaire



## CREUSOT FORGE

- Fabrication pièces forgées et moulées (viroles de cuves, fonds primaires, tubulures)
- 270 employés
- Plus de 2 900 pièces nucléaires livrées depuis 1970



## SAINT MARCEL

- Fabrication : générateurs de vapeur, cuves, couvercles, internes, pressuriseurs , etc.
- 900 employés
- Plus de 660 composants lourds livrés depuis 1975

# 1- Historique de la Forge du Creusot

- ✓ Issue du groupe Schneider et partie de Creusot-Loire à partir de 1973.
- ✓ Faillite de Creusot Loire en 1984 : l'aciérie, la tôlerie, la fonderie et la forge du Creusot intègrent USINOR (*Creusot Loire Industrie, puis Industeel*)
- ✓ Filialisation de la forge en 2001.
- ✓ Cession à Essor en 2003.
- ✓ Rachat de la Forge du Creusot par AREVA le 8 septembre 2006.



*Investissements d'AREVA dans la forge après son rachat.  
(Sécurité, fours de traitement thermique, bûches de trempe, moyens  
d'usinage, presses, bras manipulateur, recrutements, etc).*

## 2- Conception de la cuve (1/2)

### Matériaux de la cuve

- *baisse des teneurs Soufre, Phosphore*
- *Inconel 690 à la place de 600*

### Bride porte tubulure

- *suppression d'une soudure*
- *tubulures « set on »*

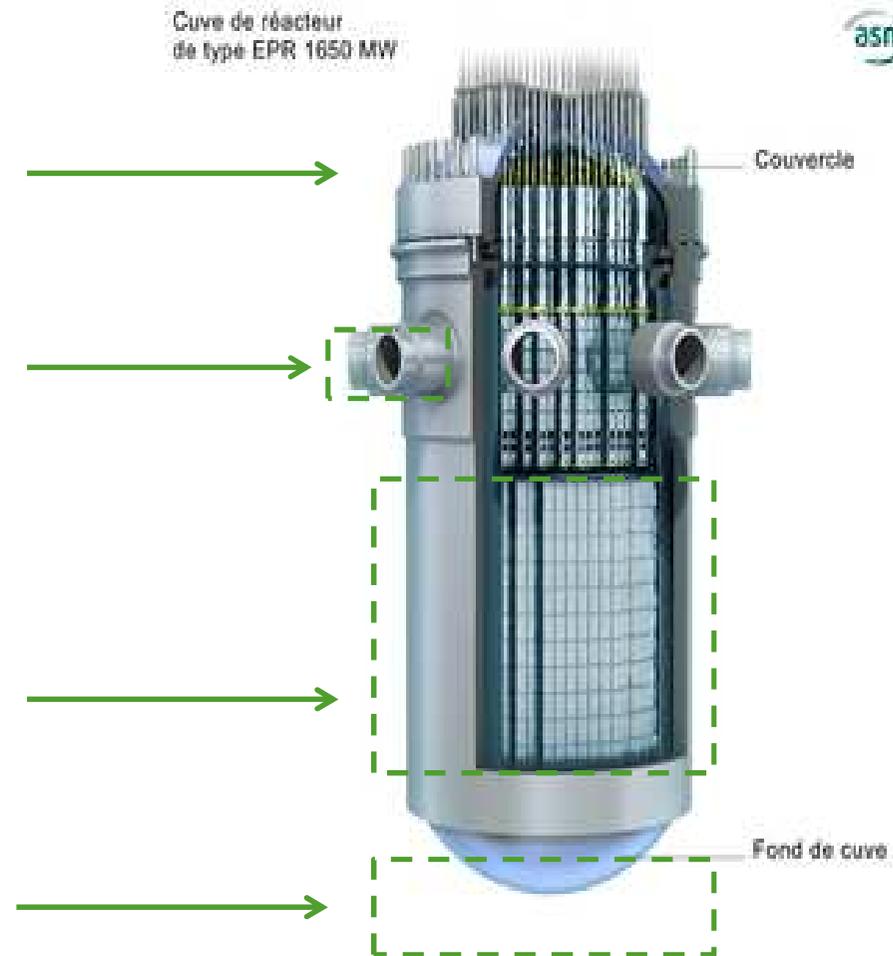
### Tuyauteries primaires

- *« piquages » sur les tuyauteries primaires : forgés et non soudés*

### Baisse du flux de neutrons sur la cuve

- *réflecteur « lourd » de neutrons*
- *plus grande épaisseur d'eau*

### Pas de traversées en fond de cuve



*Des innovations substantielles dans les domaines les plus significatifs*

## 2- conception de la cuve (2/2)

- ✓ Tendence de fond, depuis les années quatre-vingt-dix, à forger des pièces plus grosses afin de réduire le nombre de soudures :
  - *dômes GV, fonds primaires GV*
  - *derniers couvercles de remplacement monoblocs pour le 900 MWe*
  - *bride porte-tubulure de la cuve de l'EPR*
- ✓ Ceci entraînait une utilisation accrue du lingot conventionnel
  - *au lieu du lingot LSD*
- ✓ Examen de la possibilité de forger un couvercle monobloc pour l'EPR
  - *recommandation de la SPN (janvier 2005)*
  - *in fine, non retenu (outil industriel français ne le permettant pas)*
- ✓ Décision d'EDF et AREVA de construire Flamanville 3 sous ESPN (réglementairement facultatif : période transitoire de l'arrêté)



*Les spécifications du contrat passé par AREVA à la Forge du Creusot , approuvées par EDF, ne comprennent pas d'exigences spécifiques relatives à la zone centrale externe des calottes.*

## 3- Gamme de forgeage

- ✓ Le Programme Technique de Fabrication (PTF) est établi par la forge début 2006 et s'appuyait sur un lingot conventionnel.
  - *concentration sur les caractéristiques en zone de recette et face interne*
- ✓ Les gammes de forgeage du Creusot étaient jugées ne pas permettre de forger la calotte supérieure à partir du lingot LSD (risque de corroyage insuffisant)
- ✓ Calotte inférieure :
  - *utilisation du lingot conventionnel par cohérence industrielle avec le couvercle*
  - *elle aurait techniquement pu être forgée à partir d'un lingot LSD*
- ✓ Après élaboration par la forge, le PTF est transmis
  - *au département métallurgie de Chalon et à l'ingénierie parisienne d'AREVA*
  - *à EDF Ceidre*
  - *à l'ASN DEP (27 juin 2006)*
- ✓ Levée du point d'arrêt de fabrication : DEP le 22 août 2006, Ceidre le 28 août



***Le choix d'un lingot conventionnel n'entraîne pas la mise en place de dispositions de qualification technique supplémentaires ni de remarques particulières pendant les échanges.***

## 3- Qualification technique (1/4)

### *Le dialogue porte dans un premier temps sur le processus de qualification technique (QT) au sens de l'ESPN (2006 – 2009)*

- ✓ Lettre de l'ASN du 21/08/2006 :
  - ✓ *comprise comme portant sur les modes de preuve de la QT et non comme un questionnaire sur le procédé métallurgique retenu*
  - ✓ *réponse : définir la doctrine des QT puis l'intégrer dans la QT des calottes.*
- ✓ Position initiale d'AREVA : les QT M140 du RCC-M valent QT ESPN.
  - *SPN : « ...le projet devra préciser si la QT, telle qu'exigée l'arrêté ESPN, peut être supportée, en partie, par la qualification des couvercles de rechange M140... »*
- ✓ Janv 2008 : une QT recevable est désormais un préalable à la coulée
- ✓ 2008 : les QT M140 ne suffisent pas à fonder la QT ESPN (ASN)
- ✓ Sept 2009 : l'ensemble de la doctrine et les modalités pratiques d'élaboration d'une QT ESPN sont actés.

➤ *Stabilisation de la doctrine des qualifications techniques en septembre 2009. Puis reprise du dialogue sur les pièces.  
Fin 2009, la question des pièces écrasées revient au premier plan*

## 3- Qualification technique (2/4)

- ✓ Lancement d'un programme de modélisation des ségrégations et des caractéristiques mécaniques pour compléter les QT.
    - *janv 2011 : les données expérimentales ne suffisent pas à qualifier les modèles*
    - *il faudra, de manière générale, recourir à certaines pièces sacrificielles*
    - *. Premier exemple : fond primaire de GV de remplacement (décision fin 2010).*
  - ✓ Entretiens, des QT ESPN sont produites (avril 2010) :
    - *Calotte inférieure : les valeurs obtenues lors de la M140 justifient la QT ESPN.*
    - *Calotte sup : après usinage, seules demeurent des ségrégations résiduelles.*
  - ✓ Mars 2011 : demande ASN de « notes d'antériorité »
    - *pour les pièces coulées avant 2008*
    - *différence entre QT M140 et QT ESPN*
  - ✓ GP du 23/11/2011 (qualité attendue) : AREVA n'évoque pas de décote des propriétés des calottes EPR en deçà des valeurs réglementaires.
  - ✓ Début 2012, une carotte prélevée au centre d'un fond primaire sacrificiel de GV semble confirmer le jugement technique de la QT.
- ***QT des calottes confirmée par AREVA dans les notes d'antériorité (février 2012). La note de la calotte inférieure n'évoluera plus.***

## 3- Qualification technique (3/4)

### ***Éléments de nature à expliquer la conviction que la QT des calottes était techniquement acquise***

- ✓ La connaissance de la ségrégation des lingots conventionnels provenait de l'examen détaillé d'un lingot dit 2400 dans les années 1980.
- ✓ L'estimation de la ségrégation résiduelle reposait aussi sur l'estimation du positionnement de la pièce dans le lingot.
- ✓ Les estimations ont pu paraître confirmées par les résultats des carottes prélevées dans les couvercle monoblocs et dans un fond sacrificiel de GV.

### ***Éléments expliquant l'écart entre prévisions et résultats de la carotte UA supérieure :***

- ✓ *évolution progressive des lingots conventionnels depuis le lingot 2400 (lingot 2550 + augmentation du poids moyen) : le lingot sacrificiel 2400 n'est plus assez représentatif*
- ✓ *incertitudes plus grandes qu'escompté sur la position des pièces dans les lingots*
- ✓ *augmentation de la teneur moyenne en carbone à la coulée.*

### ***A posteriori, il apparaît que certains indices ou données auraient pu déclencher un questionnement plus précoce.***

- ✓ *Des données complémentaires prélevées à des fins de R&D sur le fond sacrificiel de GV, non connues des équipes en charge de la QT, indiquaient une ségrégation sensible*

**» Les résultats de la carotte UA supérieure n'étaient pas anticipés et ils ont constitué une surprise par rapport à l'état des prévisions.**

# 3- Qualification technique (4/4)

## La carotte UA supérieure

- ✓ Genèse du prélèvement d'une carotte dans le couvercle UA supérieure :
  - ✓ *pour compléter la QT de la calotte supérieure : 0,27% de carbone mesurés en tête avant usinage de la calotte supérieure*
  - ✓ *réaffectation de ce couvercle comme outillage et non plus à un futur projet.*
  - ✓ *aucune référence à cette carotte UA sup dans les notes sur la calotte inférieure*
- ✓ Echéance utile : épreuve hydraulique du couvercle (en réparation).
- ✓ Chronologie :
  - *juillet 2012 : décision de prélever une carotte au centre d'UA supérieure*
  - *15/10/2012 : autorisation de prélèvement de la carotte*
  - *novembre 2012 : prélèvement*
  - *janvier 2014 : proposition du programme d'essais par AREVA*
  - *25/02/2014 : accord de la DEP*
  - *septembre 2014 : résultats*
  - *8/12/2014 : réunion de présentation (précédée d'une information orale)*

» **La carotte UA sup était prévue comme un complément à la QT de la calotte supérieure**

## 4- Montage de la cuve

- ✓ 23/02/2012 autorisation de faire l'épreuve hydraulique du corps de cuve
  - courrier de la DEP à APAVE
  - QT jugée recevable
- ✓ 26/07/2013 : épreuve hydraulique
  - épreuve validée par APAVE
  - plus rien ne s'oppose réglementairement à l'expédition et au montage de la cuve
- ✓ 6/09/2013 autorisation APAVE d'expédier la cuve sur site
  - l'ASN avait soumis à son autorisation l'expédition et le montage de la cuve
  - instruction volumineuse et détaillée, réunions et questions nombreuses
  - examen des conditions de transport, manutention et stockage ainsi que des sujets ESPN jugés « irréversibles » : examen Visuel Final, cotes critiques,...
- ✓ janvier 2014 : montage de la cuve dans le bâtiment réacteur



*La problématique QT de la calotte inférieure n'est pas évoquée dans les échanges, instructions et processus de décision relatifs à l'expédition sur site et au montage de la cuve.*

Merci de votre attention

