



# SÉGRÉGATION CARBONE

## FONDS DES GENERATEURS DE VAPEUR DU PARC NUCLÉAIRE EN EXPLOITATION

Réunion ANCCLI  
du 24/02/2017

# Historique du dossier ségrégation carbone des GV du parc

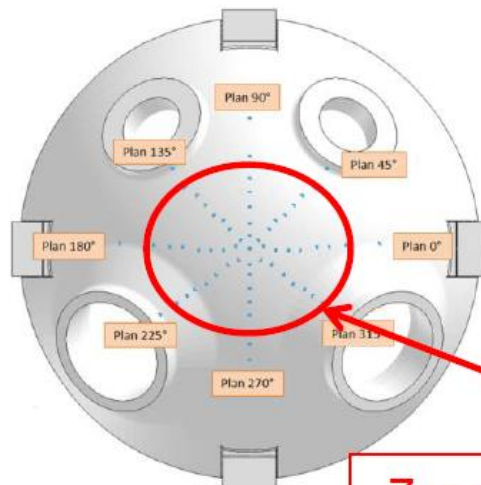
- Septembre 2015 : AREVA et EDF ont communiqué simultanément à l'ASN que leur analyse conduisait à identifier un risque de ségrégation sur 26 fonds de générateurs de vapeur (GV) fabriqués pour AREVA par le forgeron japonais JCFC et présents sur 12 réacteurs du parc.
- Une première analyse simplifiée et avec les hypothèses à date a été produite à l'ASN pour montrer la bonne confiance que les experts d'AREVA et d'EDF dans le domaine pouvaient avoir sur l'exploitabilité de ces GV en toute sûreté.
- Des éléments complémentaires (rapport R&D d'AREVA de 2013 dont EDF a été informé en 2016), ont conduit AREVA et EDF à rajouter les GV avec des fonds fabriqués dans les installations de Creusot Forges (CF) et issus de lingots conventionnels, à la liste des GV potentiellement concernés par le risque de ségrégation majeure positive résiduelle en carbone.

# Historique du dossier ségrégation carbone des GV du parc

## 18 tranches concernées (46 GV)

- 26 GV de fabrication japonaise (JCFC) sur 12 réacteurs (dont 8 avec des GV issus de « gros » lingots) et 20 GV de fabrication française (CF) sur 8 réacteurs
- 2 tranches avec GV CF et JCFC à lingot conventionnel (BUG4 et TRI3)
- En dehors des 4 GV sur CIV1-CIV2, seuls les GV de Remplacement (GVR) sont concernés

Tranche	GV JCFC	GV CF
BLA1		3
BUG4	2	1
CHB1		3
CHB2		3
CIV1	2	
CIV2	2	
DAM2		3
DAM3	2	
DAM4		3
FES1	3	
GRA2	1	
GRA4	3	
SLB1	2	
SLB2		3
TRI1	3	
TRI2	2	
TRI3	1	1
TRI4	3	



Zone potentiellement ségrégée

# Méthode engagée pour la démonstration exhaustive de la parfaite intégrité dans toutes les situations d'exploitation normales et incidentelles de ces GV

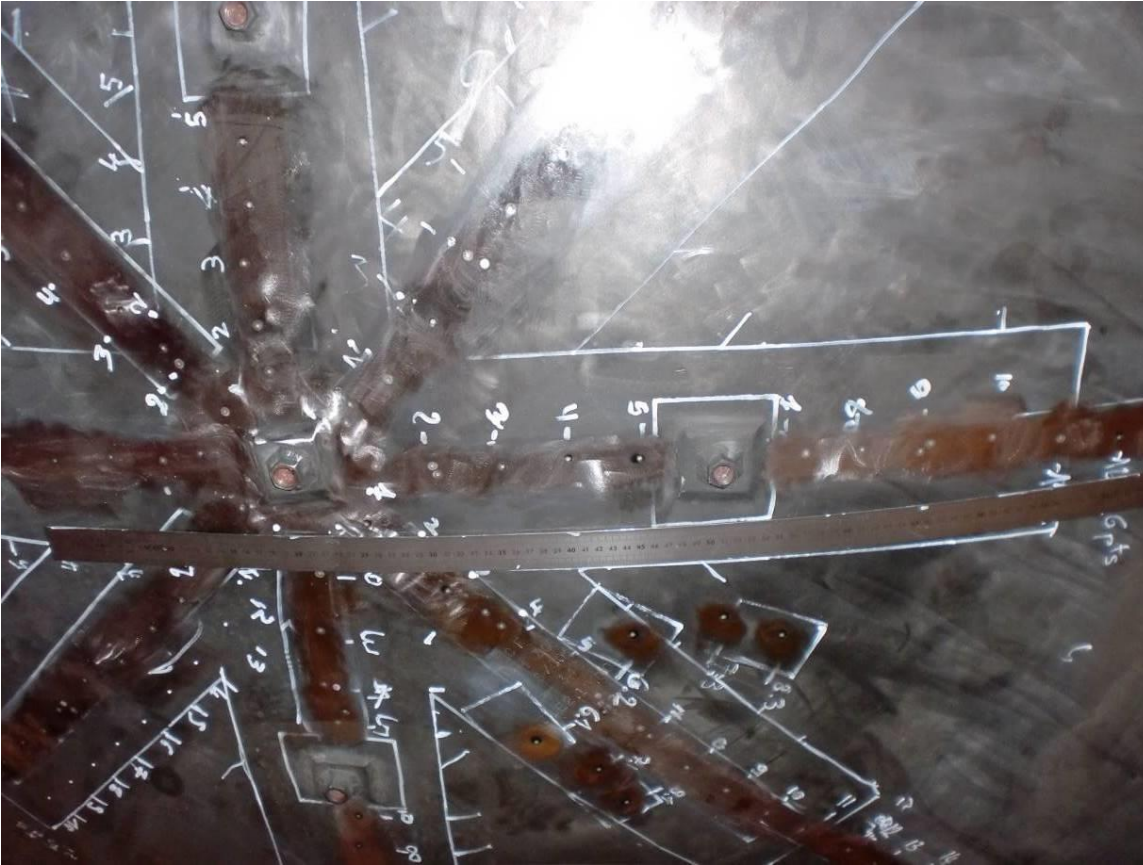
EDF et AREVA ont engagé des travaux similaires à ceux réalisés pour la cuve de Flamanville 3 :

- la **caractérisation de la zone ségrégée** (taux de ségrégation, extension de la zone, ...) et le **contrôle d'absence de défaut pour chaque GV**, ce qui est réalisé depuis mai 2016 lors de chaque arrêt du réacteur planifié pour rechargement du combustible ou anticipé ;

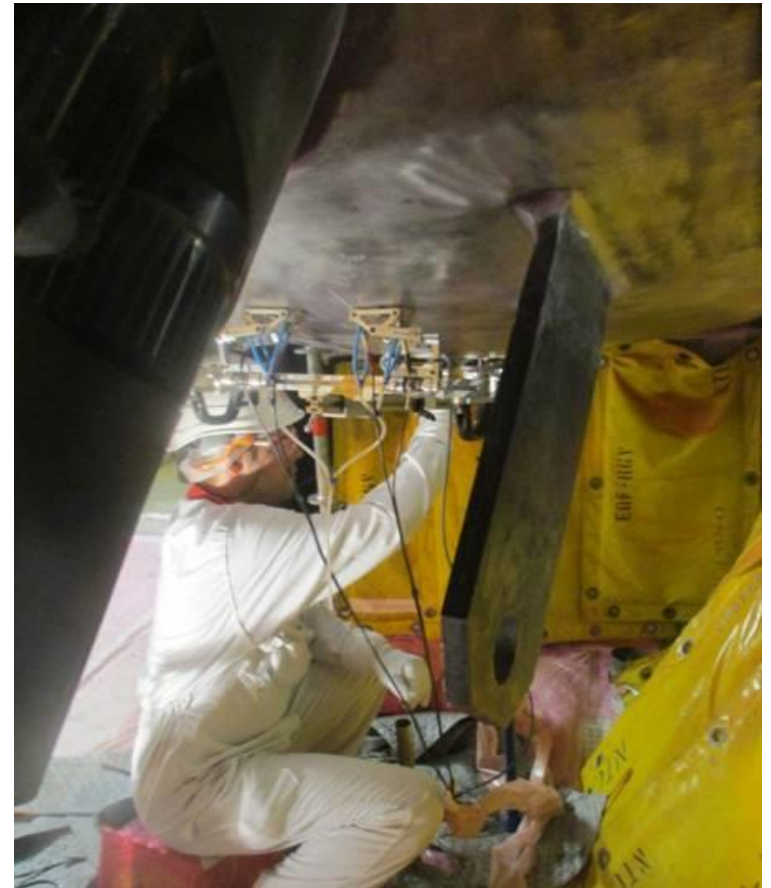
- l'**identification des transitoires les plus pénalisants** et la démonstration de l'**existence de marges** vis-à-vis du risque de rupture brutale **en postulant la présence de potentiels défauts** sur les équipements. Cette démonstration analytique, accompagnée d'un engagement à mettre en œuvre des mesures compensatoires d'exploitation pour limiter les transitoires les plus pénalisants, est à produire avant chaque redémarrage de réacteurs et conditionne l'autorisation de redémarrage donnée par l'ASN ;

- la réalisation d'un **programme d'essais sur des pièces sacrificielles** représentatives des pièces présentes sur le parc. Ce programme nécessitera quelques années pour être mené à son terme et permettra de retrouver les marges prises par prudence dans les dossiers

# Caractérisation de la zone ségrégée : mesure du taux de carbone par spectrométrie



# Contrôle d'absence de défauts par ultrason

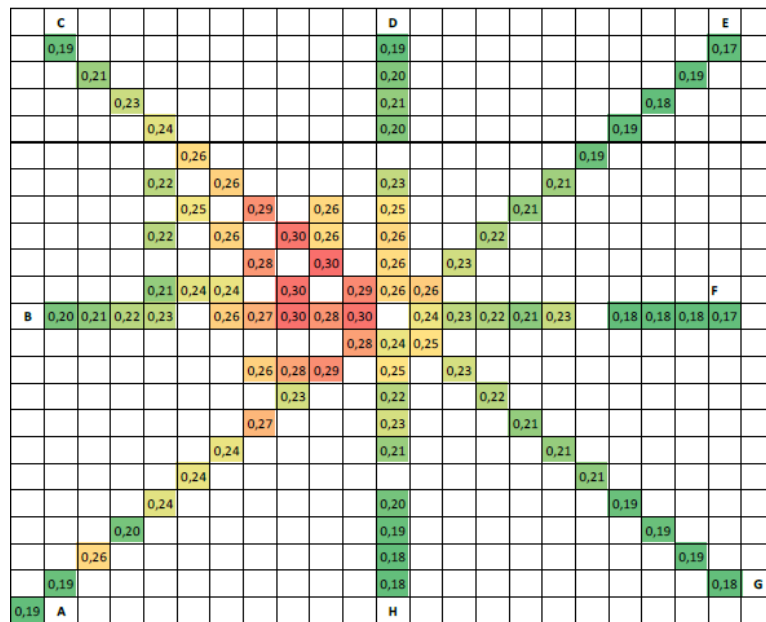


# Aptitude au services des générateurs de vapeur

## Cas des fonds CF

- L'ensemble des 20 fonds CF a été contrôlé.
- Un dossier de justification du type du dossier des calottes de FLA3 a été transmis à l'ASN, ce qui a permis le démarrage des réacteurs

% C moyen	% C max
0,230	0,320



→ La ségrégation est localisée dans la zone centrale des fonds mais peut être désaxée

→ Les teneurs en carbone maximales mesurées sont du même ordre de grandeur que celles des calottes de cuve de Flamanville 3

→ La démonstration d'intégrité peut être conduite dans la continuité du dossier Flamanville 3

Exemple d'un GV CF (pas de 50mm)

# Cas des fonds JCFC issus des lingots de 120 tonnes : Analyse des données des Rapports de Fin de Fabrication (RFF)

	Mesure côté tête	Mesure côté pied
<b>GV 3 de Tricastin 1</b> GV/RA n°249	0,29 %	0,17 %
<b>GV 2 de Tricastin 1</b> GV/RA n°250	0,31 %	0,19 %
<b>GV 1 de Tricastin 1</b> GV/RA n°251	0,31 %	0,18 %

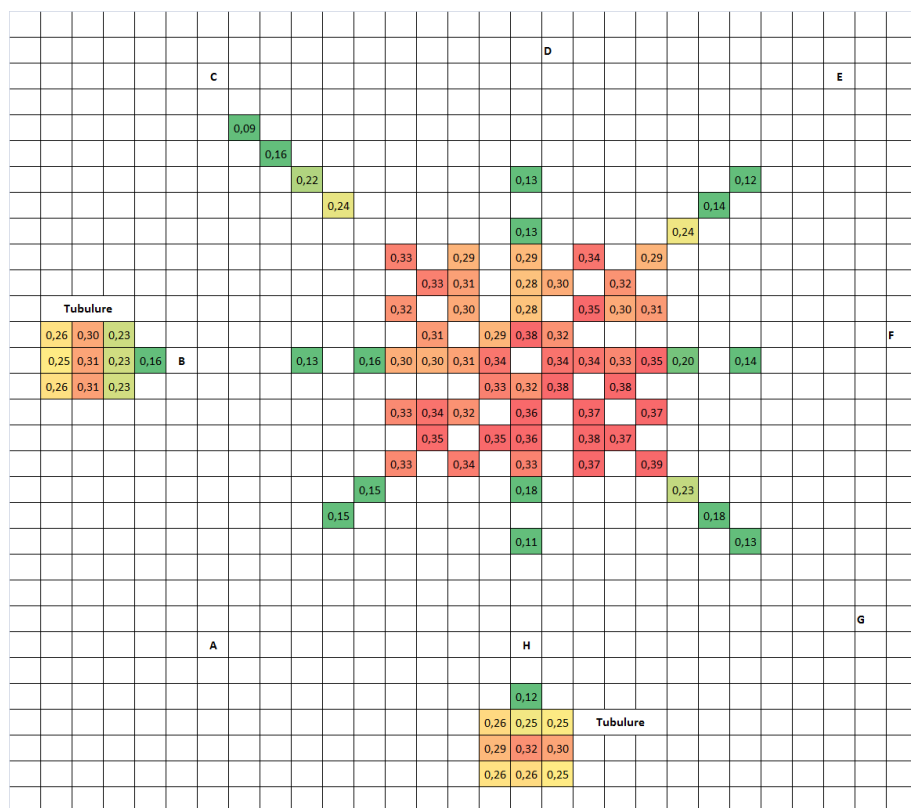
- Missions AREVA/EDF/JCFC du 29/06 au 02/07 puis du 12/09 au 13/09
- Prise de connaissance lors de la mission de juillet 2016 de l'existence d'un méplat en fond des GV issus des lingots 120 tonnes permettant des contrôles



# Mesure de carbone sur les fonds JCFC 120 tonnes

Mesures de carbone par spectrométrie : les mesures ont été réalisées sur tous les réacteurs qui se sont arrêtés depuis mai 2016

% C moyen	% C max
0,324	0,389



- Les teneurs en carbone maximales mesurées sont supérieures à l'attendu (jusqu'à 0,39%)
- Une campagne de contre-mesures réalisées avec d'autres machines et d'autres opérateurs a confirmé les valeurs obtenues
- La démonstration d'intégrité a nécessité de se prononcer sur le comportement mécanique d'une zone ségréguée à 0,4% de carbone et sur la teneur attendue en peau interne

accessibilité : interne EDF, Copyright 2016



Exemple des mesures de carbone sur un GV JCFC 120 tonnes (pas de 50mm)<sub>9/13</sub>

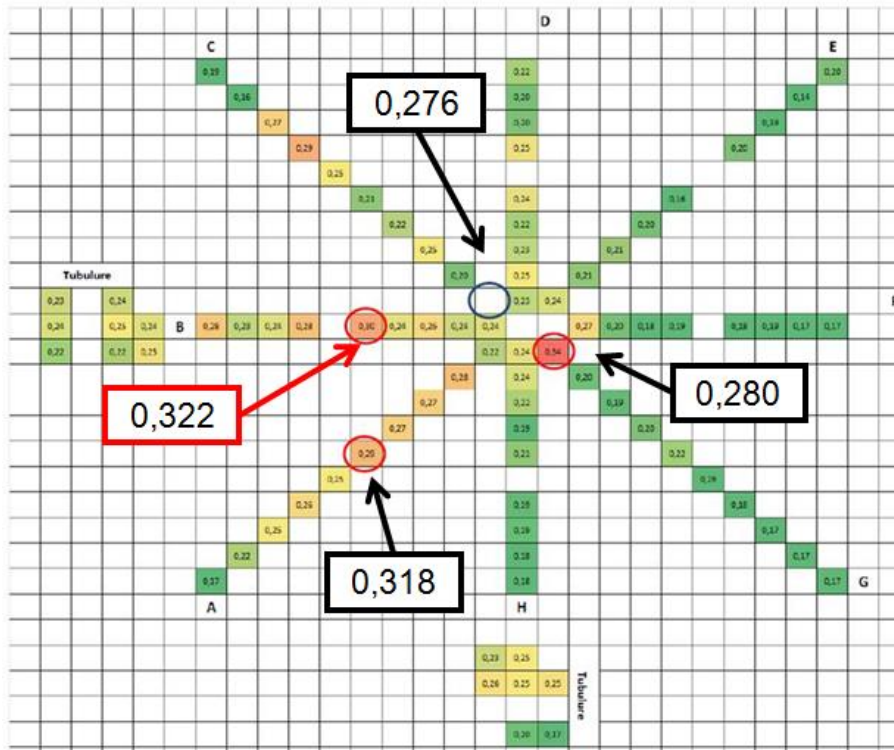
# Dossier de justification d'aptitude au service

- ❑ EDF a transmis le 7 octobre 2016 un dossier de justification pour les fonds JCFC 120 tonnes
- ❑ EDF a complété ce dossier le 15 novembre 2016, dans le cadre de l'instruction
- ❑ Le dossier contient :
  - Les propriétés mécaniques enveloppes à retenir pour un acier ségrégué en carbone à hauteur de 0,40%,
  - La description des transitoires thermo-hydrauliques à considérer, de type chocs chauds et chocs froids,
  - L'identification de mesures compensatoires (ex. température du circuit de refroidissement à l'arrêt, limitation du gradient de température pour les transitoires)
  - La justification des tailles de défauts à retenir pour les analyses mécaniques,
  - Les résultats des analyses mécaniques, selon RCC-M, indiquant les Facteurs de Marge minimaux, en toutes situation, en cohérence avec les mesures d'exploitation mises en œuvre sur les réacteurs concernés.

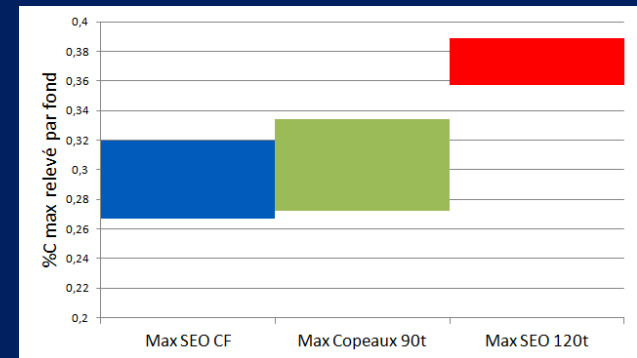
# FONDS PRIMAIRES DE FABRICATION JCFC 90 tonnes

☐ Mesures de carbone par spectrométrie et prélèvements de copeaux :

% C moyen	% C max
Non significatif	0,334



→ Les fonds 90t présentent une ségrégation majeure positive légèrement supérieure à celles des fonds Creusot Forge



→ A la demande de l'ASN, la démonstration d'intégrité a été instruite de manière similaire à celle des fonds JCFC issus d'un lingot 120t

# Solde des contrôles, autorisation de redémarrage des réacteurs

**Tous les éléments transmis sur ce sujet ont confirmé les conclusions de notre dossier du 7 octobre 2016 sur l'aptitude des Générateurs de vapeur du Parc en exploitation à fonctionner en toute sûreté.**

Après instruction de l'IRSN et de l'ASN, le dossier générique pour les réacteurs du palier 900 MW, équipés de fonds de GV JCFC 120 tonnes, a été approuvé par l'ASN le 5 décembre 2016.

EDF a ensuite dû présenter pour chacun de ses réacteurs un dossier spécifique s'appuyant sur ce dossier générique et sur les mesures réalisées sur le réacteur concerné. C'est ce dossier spécifique à chaque réacteur qui a permis à l'ASN d'autoriser le redémarrage de chacun des réacteurs 900 MW équipés de fonds de GV JCFC 120 tonnes.

EDF a également produit, selon les mêmes principes, un dossier pour les réacteurs 1450 MW (N4) de Civaux. Ce dossier a été approuvé par l'ASN le 17 janvier 2017. Après instruction de ce dossier, les réacteurs de Civaux ont également été autorisés à redémarrer.

# Communication et information du public

Au-delà des communiqués régulièrement publiés par EDF et de l'information régulière de l'ASN, une communication a été régulièrement réalisée, au travers notamment des instances suivantes :

- **30/06/2016** : Information faite au HCTISN sur les éléments connus à date
- **25/10/2016** : Audition devant l'Office Parlementaire d'Evaluation des Choix Scientifiques et Techniques
- **06/12/2016** : Présentation complète faite au HCTISN
- **07/12/2016** : Présentation détaillée faite aux experts du Groupe Permanent ESPN convoqué par l'ASN
- Des présentations dans les CLI des CNPE concernés
- Réponses à de nombreuses sollicitations médiatiques nationales et locales sur ce sujet.