



# Générateurs de vapeur (GV)

## Fatigue vibratoire

CLI du 6 novembre 2008





1 - Caractérisation du phénomène

2 - Prise en compte à la conception

3 - Rupture de tube de générateur de  
vapeur dans le monde

4 - Fuites primaire/secondaire en  
France





# 1 - Caractérisation du phénomène

- Explication théorique du phénomène:

si le facteur d'instabilité  $\tau = \frac{\text{vitesse d'écoulement du fluide secondaire}}{\text{vitesse critique d'instabilité du tube}} \geq 1 \Rightarrow$  instabilité du système et vibration du tube

- Défaut caractéristique:

Fissure circonférentielle dans le tube au niveau de la plaque entretoise supérieure

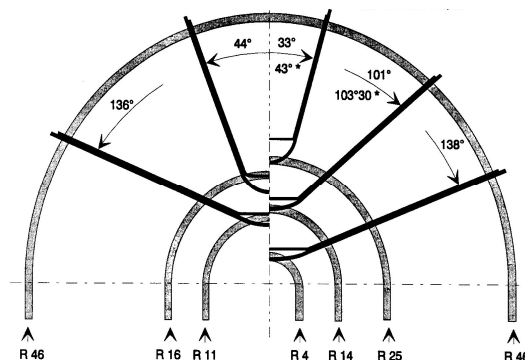
- Cinétique d'évolution du défaut

- Vitesse d'amorçage : dépend de l'amplitude / fréquence des vibrations
- Vitesse de propagation très rapide (0 à 650 l/h en 30 minutes à Cruas 4 en février 2006) qui débouche, en l'absence de détection de fuite, sur une rupture de tube de générateur de vapeur (RTGV)



## 2 - Prise en compte à la conception

Barres anti-vibratoires (BAV) pour maintenir les tubes



GV 51  
(900 MWe)

GVR 47/22  
(900 MWe)

### MAIS :

- Ecart de fabrication (mauvais positionnement des BAV)
- Mouvement possible des BAV pendant le transport des GV et au cours du 1<sup>er</sup> cycle

**Certains tubes qui devraient être soutenus par BAV ne le sont pas**

=

**tubes en anomalie de supportage**



### 3 - RTGV dans le monde

#### North Anna (1987)

⇒ anomalie de positionnement des BAV à proximité du tube (modification des écoulements)

#### Mihama (1991)

⇒ tube en anomalie de supportage

Etudes EDF/AREVA (1994)

- calculs des facteurs d'instabilité  $\tau$  des tubes non soutenus par BAV (risque de fatigue vibratoire si  $\tau > 1$ )
- mise en évidence de facteurs aggravants (risque de fatigue vibratoire même si  $\tau < 1$ ):  
⇒ disposition particulière des BAV, usure des tubes, déformations et corrosion externe des tubes au droit des plaques entretoises

Changement des méthodes de fabrication pour supprimer les anomalies de supportage (depuis BUG5 en 1993)

Bouchage des tubes concernés au fil des arrêts (~ 1500 tubes entre 1994 et 2006)





## 4 - Fuites primaire/secondaire en France (1/3)

Cruas 1 (2004)

Cruas 4 (2005 et 2006)



tubes localisés dans une même zone (pas en anomalie de supportage),  
réputés stables d'après les études de 1994  
non concernés par les facteurs aggravants connus

Investigations et reprise des études EDF/AREVA (2006)

- découverte du colmatage
- reprise des calculs avec données colmatage :  
 $\tau > 1$  pour la zone des tubes fissurés

Élimination du colmatage  
⇒ nettoyage chimique

Bouchage de la zone concernée  
(~1500 tubes au total)

Mise en évidence du nouveau  
facteur aggravant « colmatage »





## Fuites primaire/secondaire en France (2/3)

Fessenheim 2  
(février 2008)

⇒ tube en anomalie de supportage,  
réputé stable d'après les études de 1994 et 2006,  
non concerné par les facteurs aggravants connus

Investigations et reprise des études EDF/AREVA en prenant en compte les spécificités des GV de Fessenheim 2 (2008, en cours)

Remise en conformité (courrier ASN du 24/04/08)  
⇒ bouchage préventif des tubes en anomalie de supportage avant le 30/10/08 (~3000 tubes sur palier 900 Mwe)  
⇒ Quand le bouchage n'est pas possible avant le 30/10/08 : Réduction de la puissance du réacteur.

Demande d'investigations complémentaires concernant la compréhension du phénomène (courrier ASN du 15/05/08)





## Fuites primaire/secondaire en France (3/3)

### Investigations d'EDF

⇒ Détermination des facteurs aggravants sur Fessenheim 2 :  
notamment endommagement de la plaque entretoise n°8  
supportant les tubes.

Reprise des études de sensibilité des tubes à la fatigue vibratoire  
a permis de déterminer en partie le phénomène à l'origine de la  
fissuration du tube de Fessenheim 2.

Remise en conformité (courrier ASN du 30/09/08)  
⇒ Suspension du programme de bouchage sur certaines  
tranches (1300 MW) compte tenu de l'impact sur la  
sûreté et des marges importantes dégagées par la  
nouvelle étude.

⇒ Stratégie proposée par EDF jugée insuffisante en  
termes de :

- détermination des facteurs aggravants
- d'essais non destructif sur les tubes

⇒ Demande à EDF de proposer  
une surveillance particulière des  
facteurs aggravants sur la base de  
bouchage et d'essais non  
destructifs.

⇒ Reprise ultérieure du  
programme de bouchage de  
manière + ciblée en fonction des  
études et de l'avis de la Section  
Permanente Nucléaire (4/12/08)



## 5 - Cas du CNPE Gravelines

Le CNPE possède beaucoup de GV de types différents :

- Les tranches 1, 2 et 4 possèdent des GV de remplacement de conception récente.
- Les GV de la tranche 3 sont d'origine (jusque 2010).
- Les tranches 5 et 6 possèdent également des GV d'origine mais de conception plus récente que la tranche 3.

Mais tous sont sensibles au phénomène de fatigue vibratoire identifié sur Fessenheim 2.

Bouchage de tous les tubes en anomalie de supportage pour les tranches 1, 2, 4, 5 et 6

Bouchage des tubes les plus sensibles et fonctionnement à puissance réduite pour la tranche 3 (93% Pn) puis finalisation du bouchage en 2009

Le fonctionnement à 93%Pn permet de ramener le facteur d'instabilité des tubes non soutenus à un niveau acceptable.

L'arrêt de la tranche 3 est survenue avant la prise de position de l'ASN.