



DIRECTION DES ÉQUIPEMENTS  
SOUS PRESSION NUCLÉAIRES

Dijon, le 31 octobre 2013

N° Réf : CODEP-DEP-2013-024337

Monsieur le Directeur  
Division Production Nucléaire  
Site Cap Ampère  
1, place Pleyel  
93282 SAINT-DENIS CEDEX

**Objet :** Etudes de fatigue vibratoire des tubes de GV et stratégie de maintenance à l'égard du colmatage et de l'encrassement du secondaire des GV

Monsieur le Directeur,

Vous m'avez transmis en fin d'année 2012 la stratégie de maintenance du colmatage et de l'encrassement du compartiment secondaire des GV [1]. Cette stratégie de maintenance vise notamment à limiter l'obstruction des passages foliés des plaques entretoises des GV à un niveau acceptable. Cette obstruction des passages foliés, également appelé colmatage, est un paramètre influent sur le risque de fissuration par fatigue vibratoire des tubes de générateurs de vapeur, phénomène qui a conduit à trois fuites primaire/secondaire sur les réacteurs que vous exploitez au cours des dernières années. Ces fuites vous ont conduit à renforcer vos études sur ce phénomène, études que vous m'avez transmises depuis la tenue de la Section Permanente Nucléaire de la Commission Centrale des Appareils à Pression le 23 janvier 2009. L'ASN a consulté son appui technique l'IRSN sur ces études [1,2].

Comme il avait été défini entre nos services, j'ai procédé à l'examen de ces documents. Je vous prie de trouver ci-dessous mes commentaires, qui portent à la fois sur les études du risque de fatigue vibratoire des tubes de générateurs de vapeur et la stratégie de maintenance [3] qui en découle.

A la lecture des documents référencés [4 à 11] et suite à nos différents échanges, je considère que les outils que vous avez mis en place pour réaliser les études mécaniques de risque d'instabilité vibratoire des tubes GV sont plutôt satisfaisants et permettent de définir un domaine de fonctionnement où le risque de fatigue vibratoire des tubes de GV peut être écarté. Mais, de par la difficulté à modéliser un équipement aussi complexe qu'un GV et les limites intrinsèques à vos outils de simulation numérique, il subsiste certaines incertitudes sur les résultats des modélisations. Je considère toutefois que les résultats des études de risque vibratoire de tubes sont acceptables, dans la mesure où vos outils donnent des résultats cohérents avec le retour d'expérience français et international.

Je constate que, sur les GV de type 51B et 51BI du palier 900 MWe, les marges sont parfois très faibles. J'insiste donc sur la nécessité de prendre en compte des hypothèses enveloppes et fiables sur les données d'entrée des calculs du risque vibratoire et d'assurer un suivi rigoureux des facteurs aggravant le risque de fissuration de tube par fatigue vibratoire. En particulier, vos études démontrent que le colmatage des plaques entretoises des GV est un paramètre qui a une forte influence sur le résultat des études.

Je constate à la lecture de votre stratégie de maintenance du colmatage et de l'encrassement du compartiment secondaire des GV que vous vous êtes doté de plusieurs outils et d'indicateurs, qui dénotent une volonté forte de votre part de maintenir vos équipements en conformité et des les exploiter dans un état sûr.

Certains de ces outils et indicateurs ne sont pas disponibles aujourd'hui pour tous les GV du parc, ce qui fait l'objet de demandes et de compléments que vous trouverez en annexe à ce présent courrier.

D'autre part, les données d'entrée qui vous ont permis de planifier les principaux gestes de maintenance (nettoyage) de la stratégie sont parfois insuffisantes comme les cinétiques de colmatage encore mal connues ou les examens télévisuels (ETV) incomplets pour certains GV.

En conséquence, le programme de planification pluriannuelle [12] des ETV et des nettoyages chimiques que vous m'avez transmis, me paraît encore trop assujéti à des données en attente d'évaluation et nécessite, de votre part, quelques compléments de réponse aux demandes détaillées en annexe.

Vous voudrez bien me faire part de vos observations et réponses concernant ces points dans un délai de trois mois.

Je vous prie d'agréer, Monsieur le Directeur, l'expression de ma considération distinguée.

Le Directeur Général Adjoint de l'ASN,

Jean-Luc LACHAUME

## Références :

- [1] Saisine ASN CODEP-DEP-2012-014722 du 23 mars 2012 : fatigue vibratoire des tubes de générateurs de vapeur – addendum à la saisine CODEP-DEP-2011-070552
- [2] Avis IRSN/2012-00539 REP-fatigue vibratoire des tubes de générateurs de vapeur du 12 décembre 2012
- [3] Note EDF du 20 décembre 2012, Stratégie de maintenance – Colmatage et encrassement des GV ind.1, réf. D450.01-11/3257
- [4] Courrier EDF du 6 juillet 2010, Revue technique des générateurs de vapeur, D4550.32-10/2222.
- [5] Courrier EDF du 10 avril 2009, Fatigue vibratoire des GV du palier 1450 MWe, D4550.32-09/1706.
- [6] Courrier EDF du 19 juin 2009, Tubes en anomalie de supportage par BAV sur les GVR, D4550.32-09/2115.
- [7] Courrier EDF du 24 mars 2011, Fatigue vibratoire des tubes des générateurs de vapeur, D4550.01-11/1076.
- [8] Courrier EDF du 31 octobre 2008, Dossier SPN sur la fatigue vibratoire des tubes GV, D4550.32-08/4597.
- [9] Note EDF du 15 mars 2011, ENRETM110035A.
- [10] Note EDF du 30 juin 2011, Note de synthèse de qualification de la chaîne THYC-GeViBus, ENRETM100095 ind.C.
- [11] Note EDF, Note de synthèse de qualification du code de thermohydraulique THYC échangeur pour ses applications aux GV, ENREEC100232 ind.A.
- [12] Courrier EDF du 25 janvier 2013, Colmatage et encrassement du secondaire des générateurs de vapeur – stratégie de maintenance indice 1, D4550.01-13/0307
- [13] Fiche de position EDF/UNIE du 5 avril 2013, Bugey 5 – ASR 2013 – ETV des passages foliés des plaques entretoises, D4550.01-13/1543
- [14] Note EDF/UTO, Revue des ETV des plaques entretoises des GV, D4507.11-01/1345 indice 2

## ANNEXE à la lettre CODEP-DEP-2013-024337

### Planification des ETV et des nettoyages chimiques

La stratégie de maintenance [1] repose sur quatre piliers :

- 1- la détermination du niveau de colmatage réellement présent sur les GV obtenu par ETV (qui fait également office de « point zéro »),
- 2- la surveillance en fonctionnement par la mise en œuvre des DT 277 et 286. La DT 277 et les mesures de Niveau Gamme Large (NGL) doivent permettre d'estimer qualitativement l'évolution du colmatage. Les seuils d'alerte liés à cette DT doivent permettre un suivi renforcé des GV, ainsi que la planification des ETV et des nettoyages chimiques si nécessaire,
- 3- le traitement du colmatage et de l'encrassement par nettoyages chimiques, qui sont planifiés sur la base d'éléments acquis pendant les étapes 1 et 2, des hypothèses sur la cinétique du colmatage et des résultats des études mécaniques sur le risque de fatigue vibratoire de chaque type de GV,
- 4- une limitation de la création et du dépôt des oxydes basée sur la maîtrise de la chimie du fluide secondaire.

Je considère que cette stratégie est globalement satisfaisante. La logique d'exploitation des réacteurs doit être la suivante :

- 1- aucun réacteur ne peut être exploité si les études de fatigue vibratoire font apparaître un facteur d'instabilité vibratoire supérieur ou égal à 1 ;
- 2- le taux de restriction des passages foliés des plaques entretoises estimé par ETV (avec la méthode d'évaluation standardisée actuelle) ne doit pas dépasser un taux de colmatage maximum que vous aurez fixé en fonction du risque de fatigue vibratoire ou oscillatoire de chaque type de GV. Pour cela, il est nécessaire d'évaluer le taux de colmatage prévisionnel atteint en fin du cycle à venir en tenant compte d'une cinétique de colmatage « enveloppe » assurant le non dépassement de cette valeur limite.

A partir de ces données, vous devriez pouvoir définir une date à laquelle les GV doivent faire l'objet d'un nettoyage chimique préventif leur permettant de réduire leur taux de colmatage.

**Demande n°1 : L'ASN constate que la stratégie [1] n'est pas rédigée clairement en ce sens. L'ASN vous demande de faire apparaître explicitement ces informations dans la stratégie de maintenance et de vous engager à donner des valeurs limites de taux de colmatage par type de GV.**

Par ailleurs, je considère que l'efficacité des nettoyages chimiques préventifs doit faire l'objet d'une évaluation qui devra m'être présentée.

**Demande n°2 : L'ASN vous demande de lui présenter, annuellement, le retour d'expérience sur l'efficacité des nettoyages préventifs sur l'état de colmatage des GV, en particulier des PE supérieures. Vous indiquerez à l'ASN alors l'impact de ces résultats sur le programme de maintenance relatif à l'état de propreté des GV [1].**

### Examens télévisuels

Je constate qu'il n'existe toujours pas, à ce jour, d'outils d'ETV permettant de connaître de manière précise le taux de colmatage de certains types de GV (73/19 pour le palier N4, 56F et 58F pour le palier 900 MWe) notamment en PE supérieure alors que la stratégie de maintenance repose sur une connaissance de l'état de colmatage des GV qui ne peut être obtenu que par l'utilisation d'ETV qualifiés.

Je vous rappelle qu'il faudra pouvoir inspecter tous les types de GV du parc avec des outils d'ETV adaptés.

**Demande n°3 :** L'ASN vous demande de lui transmettre votre planning prévisionnel de développement d'outils adaptés d'examens télévisuels des plaques entretoises pour chacun des types de GV du parc.

**Demande n°4 :** L'ASN vous demande de lui transmettre la note intitulée « revue des ETV des PE des GV » citée en référence [12].

**Demande n°5 :** L'ASN vous demande de procéder au plus tôt à une mesure du taux de colmatage sur le palier N4 pour avoir une évaluation du niveau de colmatage même si celui-ci n'est actuellement pas possible en PE supérieure en privilégiant les trois réacteurs suivants : Chooz B1, Civaux 1 et 2.

L'ASN vous demande aussi d'évaluer la possibilité de développer un moyen d'ETV permettant d'atteindre la PE supérieure.

Dans la stratégie de maintenance, vous souhaitez réaliser les contrôles ETV de suivi périodique sur un seul GV de chaque réacteur, par défaut le GV n°2 sauf cas particuliers. Etant donné l'influence du colmatage sur le risque d'instabilité fluide-élastique, le taux de colmatage retenu dans les études se doit d'être enveloppe de la situation réelle des autres GV du réacteur. Or le rapport d'instabilité des tubes de rang 10 des GV 51B et Bi étant proche de 1 (et nettement supérieur aux autres types de GV), le recours à une maintenance par GV témoin sur ce type de réacteur n'est pas satisfaisant et nécessite un suivi adapté.

**Demande n°6 :** L'ASN vous demande d'étendre le périmètre des examens télévisuels de suivi périodique à tous les GV des réacteurs équipés en GV de type 51B et Bi.

#### Niveau Gamme Large (NGL) statique et dynamique

Le NGL statique ne permet pas une estimation absolue du taux de colmatage d'un GV. Cet indicateur reflète les pertes de charges dynamiques ayant lieu dans le retour d'eau et doit permettre d'observer les variations de comportement du GV vis-à-vis du colmatage.

Le retour d'expérience a montré que les niveaux de NGL pouvaient sur un même réacteur largement différer d'un GV à l'autre et quelques « sauts de NGL » avaient été constatés, il a également été constaté des difficultés sur la calibration des capteurs. D'après la stratégie de maintenance, vous avez constitué un groupe de travail sur la « robustesse du NGL ».

**Demande n°7 :** L'ASN vous demande de lui transmettre les échéances des réunions du groupe de travail « robustesse du NGL » et les conclusions de celui-ci lorsqu'elles seront disponibles.

La méthode du niveau gamme large dynamique n'est aujourd'hui disponible que pour les GV de type 51B/BI et 47/22. Vous avez réalisé en 2012 une étude de faisabilité pour étendre la méthode aux GV 68/19 et 55/19.

**Demande n°8 :** L'ASN vous demande de lui transmettre les résultats de cette étude de faisabilité. Vous signalerez à l'ASN si une étude de faisabilité a été engagée pour les autres types de GV du parc (GV 56F, 58F et 51/19).

#### Fonctionnement en prolongation de cycle (fonctionnement en stretch)

Le risque d'augmentation du rapport d'instabilité du faisceau tubulaire pour un réacteur en situation de prolongation de cycle ayant été évoqué récemment, vous m'avez envoyé une note (ENREEC130052 - D4550.01-13/0578 du 8 février 2013) relative aux évaluations complémentaires en stretch des GV 51 de BLA4, considéré comme enveloppe des GV 51 B et Bi.

Cette note ainsi que celle traitant plus généralement des GV51B et Bi et attendue prochainement feront l'objet d'une instruction complémentaire par mon appui technique.

**Demande n°9 :** L'ASN vous demande de lui fournir au plus tôt la note d'étude générique enveloppe concernant l'influence de la prolongation de cycle sur le rapport d'instabilité des GV51 B et Bi.

## **Demandes complémentaires relatives au dossier fatigue vibratoire :**

### **Facteurs aggravants**

Vous avez défini les facteurs aggravants pouvant conduire à une augmentation notable du risque de fatigue vibratoire. Ce sont :

- le colmatage des PE,
- l'encrassement des tubes GV,
- l'encastrement des tubes au niveau de la PE supérieure,
- le BTGV,
- la position des BAV,
- la déformation au droit des PE, les usures et la corrosion externe.

Certains de ces facteurs aggravants ne sont et ne peuvent pas être modélisés dans les études : il s'agit des dispositions particulières de BAV (le décalage d'un rang complet peut, lui, être modélisé) et des dégradations des tubes de GV (déformation au droit des PE, les usures et la corrosion externe). Les premiers font désormais l'objet de dispositions particulières en fabrication, et les seconds sont traités par les PBMP.

Concernant l'aspect « matériau » des tubes, les expertises menées sur les GV du parc français ont montré que la corrosion intergranulaire (IGA) était un phénomène avéré depuis longtemps sur les tubes en Inconel 600MA et récemment observé sur de l'inconel 600 TT (un seul cas).

Ce dernier point vient donc conforter le retour d'expérience international où plusieurs cas d'IGA ont déjà été identifiés sur des tubes en Inconel 600TT (USA, Japon).

En plus de ces expertises ponctuelles réalisées sur des tubes extraits lors des arrêts de réacteur, vous prévoyez d'étoffer le panel des données issues des expertises sur tubes en 600TT dans le cadre du projet SHERLOCK (expertise sur GV déposés).

Un certain nombre de tubes en 600TT de vos GV en exploitation présentent, a priori, des microstructures non optimisées (traitement thermique final n'ayant pas permis l'insensibilité attendue à la corrosion). Dans ces conditions, le risque d'IGA des tubes en Inconel 600TT ne peut pas être considéré comme négligeable.

De plus, les analyses chimiques réalisées en fond de fissures sur des tubes extraits ont montré le rôle probablement néfaste de certains éléments chimiques présents dans les circuits principaux tels que le plomb, le soufre, l'arsenic, le cuivre.

En conséquence, votre analyse de la fatigue vibratoire doit tenir compte du phénomène d'IGA comme facteur aggravant de la fatigue vibratoire (zone potentielle d'amorçage pour une fissure de fatigue vibratoire) et du rôle néfaste de certains éléments chimiques issu de la pollution des circuits principaux.

**Demande n°10 :** L'ASN vous demande de répertorier les GV les plus à risque (suivant la microstructure des tubes et la présence de polluants) et, afin de consolider votre position, de lui présenter votre programme d'expertise prévu dans le cadre du projet Sherlock ou sur des tubes extraits sur des GV en service.

**Demande n°11:** L'ASN vous demande, de plus, de compléter votre analyse de la fatigue vibratoire en prenant en compte le phénomène d'IGA comme facteur aggravant et en vérifiant pour chaque tube en 600 TT expertisé, la coexistence de la fissuration avec les points particuliers suivants :

- présence ou non d'une microstructure « non optimisée » et lien avec l'apparition de l'IGA,
- présence ou non, dans la chimie des circuits, d'éléments polluants et potentiellement nocifs comme le plomb, le soufre, le sodium, l'arsenic, le cuivre ... ;
- localisation ou non des fissures au droit des passages foliés des plaques entretoises, ces zones pouvant constituer des espaces confinés en cas de colmatage dans lesquelles l'IGA serait favorisée. De plus, l'encastrement des tubes dans ces passages colmatés pourrait être un facteur aggravant pour l'amorçage de fissures par fatigue vibratoire dans le sens il induit un plus faible amortissement des tubes et des amplitudes de vibration plus importantes.