

EXAMEN DES TUBES DES GÉNÉRATEURS DE VAPEUR DE L'EPR* D'OLKILUOTO : DÉMARCHE DE QUALIFICATION DES TECHNIQUES ET MATÉRIELS

OLKILUOTO 3 STEAM GENERATOR TUBES EXAMINATION: QUALIFICATION OF TECHNIQUES AND EQUIPMENT

J. MARTENS, R. LEVY (INTERCONTROLE **)

Résumé

En présence de la situation nouvelle du contrôle des tubes de GV du réacteur EPR* d'Olkiluoto 3, Intercontrôle a choisi de mettre en œuvre une chaîne d'examen d'un type nouveau. Pour répondre aux exigences formulées par l'exploitant finlandais, il a été nécessaire de procéder à la qualification des techniques et du matériel.

Les courants de Foucault multifréquences seront produits au moyen de capteurs du type sonde axiale et sonde tournante dans l'objectif de détecter, localiser et caractériser les anomalies. Le matériel inclut le nouveau système MIZ 80-iD, une nouvelle sonde axiale, et le nouveau logiciel AIDA G3.

Pour mener à bien la qualification il a fallu :

- rassembler les données d'entrée relatives au composant, aux objectifs de l'inspection
- établir le dossier de justification technique et une procédure d'examen
- effectuer des essais pour démontrer l'applicabilité des procédures, la capacité des techniques à détecter et dimensionner les défauts de référence et pour justifier la qualification des opérateurs

Abstract

Getting ready for the first of a kind inspection of Olkiluoto 3 EPR steam generator tubes, Intercontrôle has decided to put in operation a new type of data acquisition system. To meet the requirements formulated by the Finnish Utility, it has been necessary to qualify both the equipment and the techniques.

Multifrequency eddy currents will be produced using bobbin coil type probes and rotating probes in order to detect, locate and characterize anomalies.

The equipment includes the new MIZ 80iD system, a new bobbin coil probe and the new software program AIDA G3.

To obtain qualification, the tasks have been:

- *to collect input data in relation to the component and the inspection objectives,*
- *to establish the technical justification dossier and an examination procedure,*
- *to perform tests in order to demonstrate applicability of procedures, capability of techniques to detect and size reference defects and to justify operators' qualification.*

* EPR est une marque déposée du groupe AREVA

** INTERCONTROLE, filiale d'AREVA P, une coentreprise AREVA et Siemens

INTRODUCTION

Suite à la publication de la version 2000 du code R-SEM, INTERCONTROLE, filiale d'AREVA NP spécialisée dans les examens non-destructifs du circuit primaire a dû procéder à la qualification de toutes les techniques mises en œuvre pour le contrôle des cuves. L'établissement des dossiers de justification technique exigés pour la constitution des dossiers de qualification a été un exercice d'un genre nouveau qu'il a fallu faire en suivant les recommandations de la Méthodologie européenne de l'ENIQ. L'expérience acquise lors de ce travail a été précieuse pour préparer la qualification des techniques et du matériel à mettre en œuvre lors de l'examen des tubes de générateurs de vapeur de l'EPR d'Olkiluoto 3 en Finlande.

DEMARCHE DE JUSTIFICATION TECHNIQUE

Le Dossier de Justification technique (DJT) a pour but :

- de justifier techniquement l'influence des paramètres influents (PI) et essentiels (PE) sur les performances de la technique (représentées par un ensemble de "Grandeurs concernées»),
- d'établir les performances de la technique proposée,
- de vérifier que les performances finales du système (technique + équipement) satisfont aux critères de performance requis par le cahier des charges.

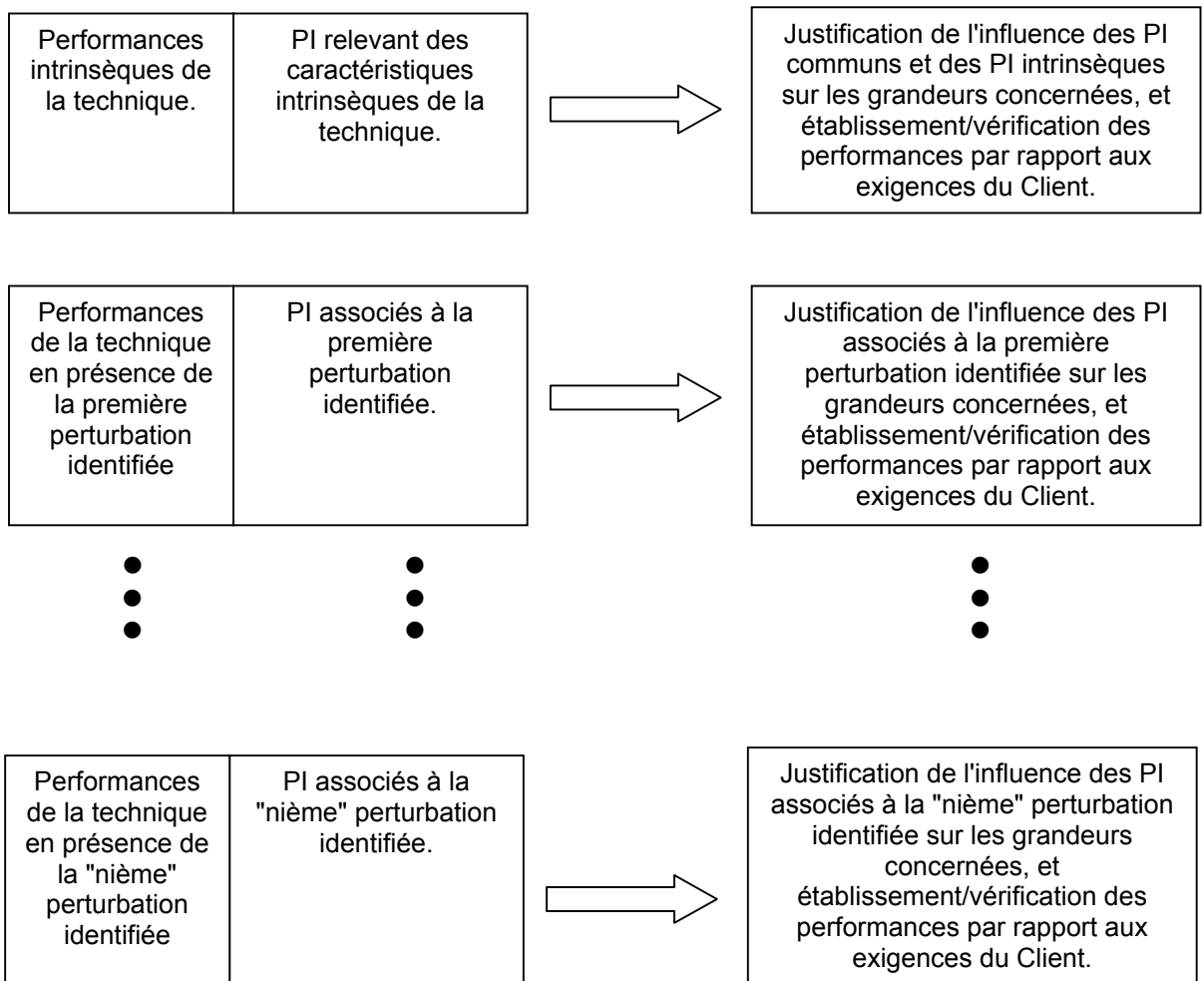
Pour ce faire, il faut donc établir la liste des PI avec identification des PE et effectuer une analyse d'impact qui permet de fixer les grandeurs concernées. Dans les listes des PI, des voies de traitement pressenties pour chaque paramètre sont également indiquées.

Traitement des paramètres influents essentiels et non essentiels

Suite à l'établissement de la liste des paramètres influents, on dispose :

- d'une liste de paramètres influents (classés comme essentiels ou non essentiels),
- d'un ensemble de grandeurs concernées liées à des performances de la technique.

Les performances sont établies par groupes de PI, ces groupes étant constitués par niveau de perturbation de la situation de contrôle considérée. Schématiquement, les traitements sont réalisés de la façon suivante :



Dans ce mode de traitement, les PI sont traités indépendamment les uns des autres (pas de traitement croisés).

Une "perturbation" sera la plupart du temps associée à un paramètre essentiel (traitement en valeur nominale s'il n'a pas déjà été fait, et dans son domaine de variation dans tous les cas).

Les traitements de justification possibles sont de type :

- Retour d'expérience (REX),
- Essais de développement ou de mise au point,
- Etudes
- Modélisations.

Une fois les performances établies et les PI traités en "intrinsèque" et pour chaque perturbation, les performances finales de la technique sont établies par regroupement de toutes les performances élémentaires. Ces regroupements peuvent être de type :

- Sommation (pour des incertitudes de positionnement par exemple),
- Combinaison statistique,
- Conservatisme (les performances établies dans la situation de perturbation la plus pénalisante sont considérées).

APPLICATION AU CAS DE L'EPR D'OLKILUOTO 3

Tâches associées à la Qualification

1. La première tâche est l'établissement d'un Dossier de Justification Technique Préliminaire comportant :
 - La synthèse des données d'entrée
 - Une description générale du système d'examen
 - L'analyse des paramètres influents
 - La justification physique
 - La justification de la qualification du personnel d'examen
 - Des recommandations portant sur les maquettes des essais connues ou en aveugle

2. Parallèlement, on procède à l'établissement d'une procédure préliminaire d'examen, dans laquelle les données d'entrée sont rappelées et qui contient, en plus de la description du matériel, les instructions nécessaires pour l'acquisition des données, leur analyse et l'établissement des rapports.

3. Procédure de Qualification

La procédure de qualification est établie par l'Organisme de Qualification et doit être entérinée avant les actions de qualification. Elle décrit l'approche de qualification et les exigences relatives à :

 - La procédure d'examen
 - La qualification du matériel
 - La qualification du personnel
 - Les recommandations pour les maquettes d'essais

4. Finalisation du Dossier de Justification Technique et de la Procédure d'examen :

Cette révision du DJT préliminaire et de la procédure d'examen prend en compte les remarques de l'Organisme de Qualification et les exigences de la procédure de qualification. Conception et réalisation des maquettes nécessaires à la qualification.

5. Réalisation d'essais
 - Les essais sur maquettes connues doivent démontrer que :
 - Les procédures sont explicites et applicables dans des conditions pratiques
 - les techniques définies dans la procédure sont capables de détecter et dimensionner les défauts envisagés
 - Le matériel est capable de fonctionner en conditions d'inspection réelles.

 - Les essais « en aveugle » se déroulent pour vérifier que :
 - Le personnel d'inspection a reçu la formation nécessaire
 - La procédure d'examen permet d'atteindre les objectifs comme cela a été démontré au travers de la justification technique et les essais sur maquettes connues.

Généralités

La procédure d'examen et le Dossier de Justification Technique sont validés par l'Organisme de Qualification (QB). Cette approbation constitue la validation de la revue de conception.

La Qualification est prononcée après approbation des données d'entrée et du dossier de justification technique final par les autorités finlandaises (l'exploitant TVO et l'organisme de Sécurité STUK).

Le matériel courants de Foucault qualifié sera utilisé pour les examens avant mise en service et en service (PSI et ISI).

Les données d'entrées ont fait l'objet d'un document établi par AREVA NP et approuvé par l'Organisme de Qualification. Elles portaient sur le composant examiné, la technique d'examen, le type de défauts recherchés, les objectifs de l'examen, les caractéristiques du système d'examen et les exigences en vue de l'examen.

Sur cette base, la liste des paramètres influents a été établie en les regroupant en quatre catégories : paramètres liés aux données d'entrée (composant et environnement), paramètres liés aux défauts, à la procédure (techniques d'examen) et au matériel (appareil à courants de Foucault et capteurs).

PARAMETRES INFLUENTS ET JUSTIFICATION TECHNIQUE

Paramètres liés aux données d'entrée

La caractéristique essentielle liée au cas d'OL3 est le fait que le matériau choisi pour les tubes de générateur de vapeur est l'Inconel 690 traité thermiquement. Ce choix réduit dès le départ, le champ du retour d'expérience.

Paramètres liés aux défauts

De plus, les dégradations du matériau sont fort peu nombreuses ; par exemple, en plus de 15 ans de « fonctionnement » il n'a pas été constaté de corrosion sous tension. Toutefois, le dossier de justification technique a considéré le cas de quelques défauts postulés. On trouve ainsi :

- Associés à des mécanismes de dégradation d'origine mécanique, les rétreints, les gonflements, les usures et les fissures de fatigue,
- Associés à des mécanismes de corrosion, les fissures de corrosion sous tension, l'attaque intergranulaire et les piqûres.

Il n'a pas été jugé opportun de retenir les défauts liés au processus de fabrication.

Pour les défauts retenus, il en est dont la détection doit être suivie d'une caractérisation ; il s'agit des déformations, des usures et des fissures.

Les exigences de performance sont regroupées dans le tableau suivant :

Défaut	Performance attendue	
	Exigence de détection	Précision de dimensionnement
Déformation	Variation de diamètre 300 µm	Sans objet
Usure	40% de profondeur	± 15%
Fissures	40% de profondeur, 10 mm pour les fissures axiales, 40% de profondeur et 180° pour les fissures circonférentielles	± 15%

Paramètres liés à la procédure

Les tubes de générateur de vapeur seront examinés sur toute leur longueur et sur toute l'épaisseur de la paroi. Il est prévu de mettre en œuvre deux types de capteurs :

- L'examen par sonde axiale est la méthode de base d'examen des tubes de générateurs de vapeur.

Le but de cet examen est :

- la détection, la localisation, le dimensionnement et la caractérisation des indications de défauts,
- le suivi en service de l'évolution des indications de défaut détectées lors des examens précédents.
- Les sondes tournantes sont mises en œuvre pour les zones d'intérêt particulier (zone de transition du dudgeonnage, cintre et partie droite). Cet examen permet une expertise des signaux de la sonde axiale qui n'ont pu être interprétés ou nécessitant une caractérisation plus approfondie.

En ce qui concerne la procédure d'examen des tubes, l'expérience acquise sur des tubes de même matériau et de mêmes caractéristiques géométriques (diamètre, épaisseur de paroi) permet de justifier les paramètres d'examen proposés (fréquences d'excitation des capteurs, vitesse de déplacement, fréquence de numérisation).

Paramètres liés au système d'examen

Pour ce qui est du matériel, l'appareil à courants de Foucault fait intervenir des paramètres essentiels comme le taux de distorsion harmonique, la justesse des fréquences et la linéarité d'amplitude et de phase.

Les capteurs sont décrits en termes de caractéristiques électriques et fonctionnelles : les paramètres essentiels tels l'impédance, la fréquence de résonance, la longueur d'action, la profondeur de pénétration effective sont fixés lors de la conception et font l'objet d'une vérification rigoureuse lors de la recette du capteur.

Comme les capteurs qui seront utilisés pour l'examen des tubes d'OL3 seront identiques à ceux actuellement utilisés pour les tubes de GV de REP, comme par ailleurs rien ne distingue les tubes des GV de l'EPR de ceux des autres GV au plan des examens non destructifs, les caractéristiques fonctionnelles sont justifiées.

RETOUR D'EXPERIENCE

De très nombreux paramètres essentiels ont pu être justifiés par le retour d'expérience. Il s'agit notamment des paramètres liés à la procédure comme les valeurs des fréquences d'excitation, les vitesses d'examen et les fréquences d'échantillonnage, les critères de détection et de dimensionnement.

En ce qui concerne les défauts, les essais de laboratoire sur maquettes connues sont encore à faire pour confirmer les performances connues par le retour d'expérience. Ces essais porteront notamment sur des maquettes comportant des défauts de taille inférieure à la taille minimale requise par le code ASME dont l'approche a été retenue ici. Les performances justifiées de l'examen seront établies sur les résultats de ces essais. Les fiches de démonstration de performance de la base de données EPRI présentant les résultats obtenus lors de la qualification EPRI du système proposé servent à étayer les arguments de justification.

Défauts

Déformation

Le retour d'expérience permet de garantir qu'une variation de diamètre du tube de 300µm est détectable par le système d'examen.

Les essais de laboratoire effectués sur des portions de tube présentant des déformations connues ont montré par ailleurs que l'amplitude seuil de détection fixée par la procédure correspond en fait à une variation de diamètre aussi faible que 100µm qui serait de ce fait détectée.

TIEDT14, 15, 16, 17: Correlation between ET Amplitude (Differential Mode) and Dent (Zetec Probe)

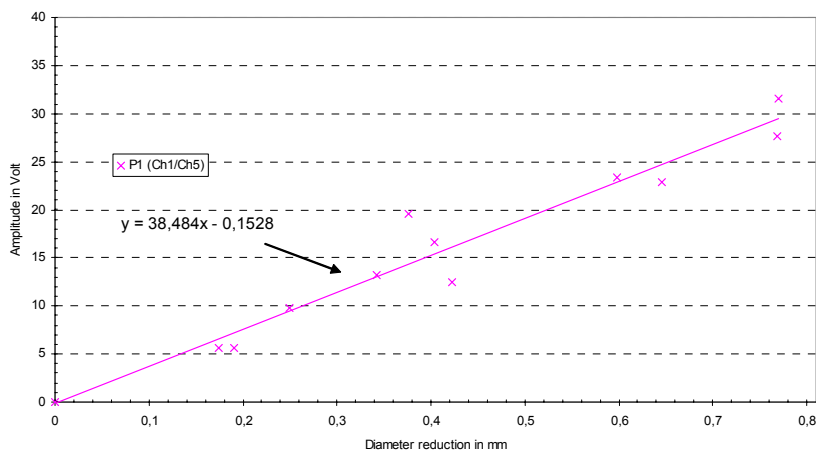
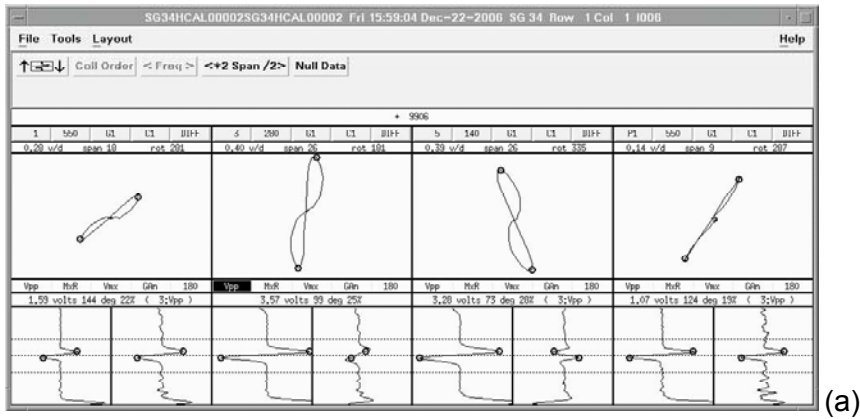


Figure 1: Courbe de corrélation entre l'amplitude du signal CF et la réduction de diamètre

Usures

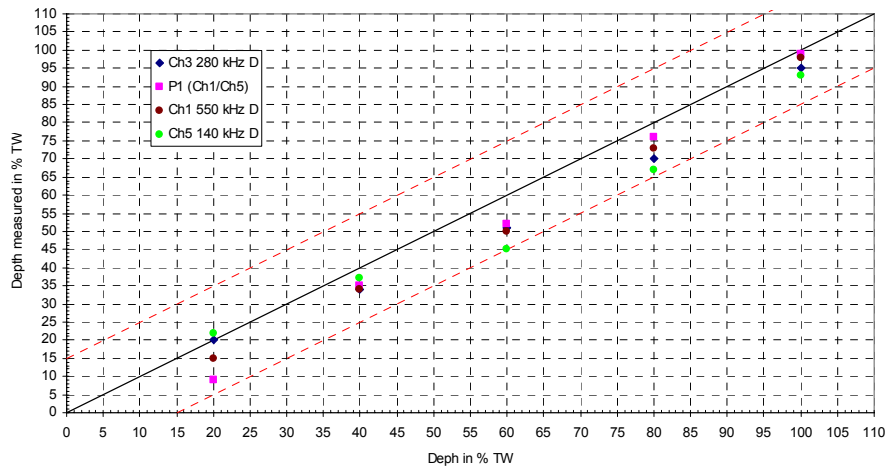
La technique courants de Foucault mise en œuvre permet la détection d'usures de profondeur supérieure à 40% quelle que soit la portion de tube sur laquelle est située cette usure, (partie droite, au niveau des plaques entretoises, sous les barres antivibratoires).

OD Circumferential Wear → 40% Depth, 90° Angular Extension, 1 mm Axial Extension (Differential Mode)



(a)

IC13-012: Correlation between Depth of Test Flaws and Depth measured by ET, OD Flat Bottom Holes (Zetec Probe)



(b)

Figure 2 : (a) signal d'une usure externe de 40% de profondeur
(b) courbe de corrélation entre profondeur d'usure évaluée et mesurée

Fissures

L'apparition de fissures de corrosion sous tension est détectée par l'apparition de signaux caractéristiques en sonde axiale. Les sondes tournantes sont alors mises en œuvre pour la caractérisation de ces fissures.

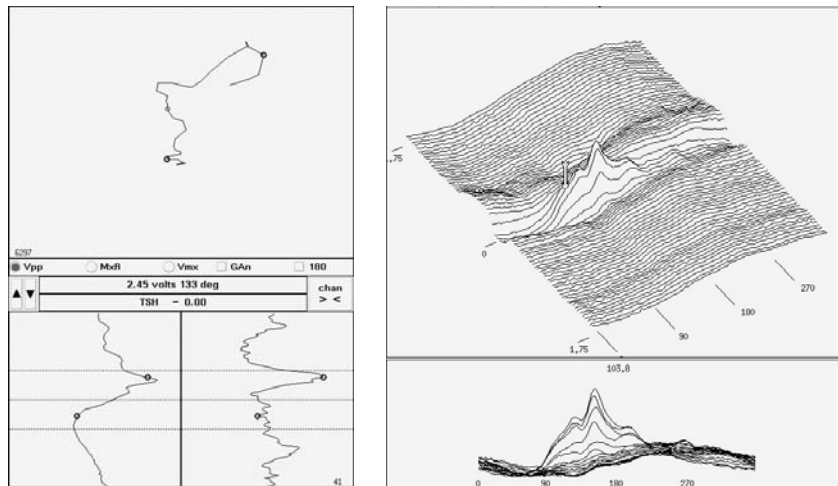


Figure 3 : Caractérisation par sonde tournante d'une fissure circonférentielle

CONCLUSION

La démarche de qualification suivie pour constituer le dossier de justification technique a permis de faire largement appel au retour d'expérience pour justifier les performances du système d'examen proposé pour le contrôle par courants de Foucault des tubes de générateur de vapeur du nouveau réacteur EPR d'Olkiluoto 3.

Les difficultés de réalisation des maquettes ont retardé la réalisation de la dernière phase des essais pour confirmer les performances de détection et de caractérisation des trois types de défauts retenus. Ces essais sont maintenant programmés en juin 2008.