ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE

# Des notes pour le générateur à turbine à vapeur

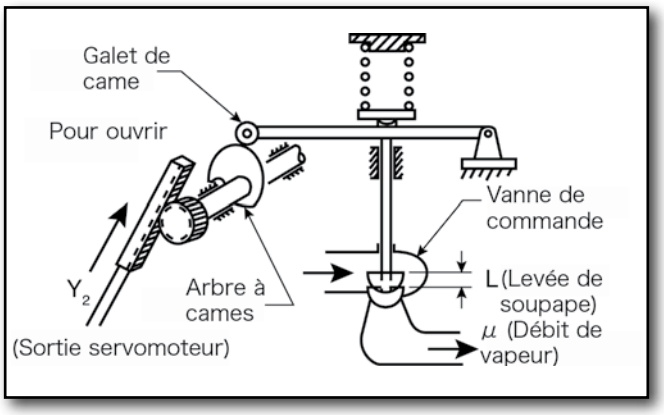
Juillet 2008 **Turbo-alternateurs à vapeur nucléaires et thermiques à flamme**

## Contenu


Mise à jour du guide pour les essais et le contrôle en ligne des turbo-alternateurs ..... 2
Protection à l'arrêt des turbines à vapeur par utilisation d'air sec ..... 3
Projet de joint labyrinthe avancé ..... 3
Ajouts aux directives pour la réduction des temps et des coûts des révisions et des inspections de maintenance des turbo-alternateurs ..... 4
Le programme turbo-alternateur EPRI tient un atelier et un salon de fournisseurs pour turbo-alternateurs à vapeur en 2007 et un rassemblement du groupe d'utilisateurs pendant l'été 2007 ..... 6
Le groupe EPRI d'utilisateurs des turbo-alternateurs tient l'atelier et la réunion d'hiver 2008 à San Diego ..... 6
Le projet d'application d'un système de mesure de coordonnées à laser de suivi est terminé ..... 7
Projet fin-de-vie du rotor de turbo-pompe d'alimentation de chaudière ou de réacteur ..... 7
Les effets de substances biologiques/amines sur la performance des turbines ..... 7
Atelier de travail pour groupe d'intérêt relatif à la conformité des turbines et générateurs aux normes NERC ..... 8
Évaluation des revêtements du stator de turbine à basse pression pour réduire l'érosion des aubes du rotor ..... 8
Livre de référence pour les produits turbo-alternateurs à vapeur ..... 8
Guide pour l'installation de manchons isolants haute tension pour générateur ..... 9
Méthodes non intrusives pour valider les normes NERC : Réponse en fréquence des turbines à vapeur (MOD-027) ..... 10
Critères d'inspection des rotors de générateurs sujets à des courants inverses anormaux ..... 10
Nouveaux projets turbo-alternateurs livrés en 2007 ..... 11
Cinquième atelier pour le transfert de technologies dans le cadre du programme turbo-alternateur d'EPRI et réunion TGUG été 2008 ..... 12
Revues d'experts sur l'amélioration de la productivité 2008 ..... 12
Amélioration du risque financier associé à un parc de turbo-alternateurs vieillissants ..... 12
Guide pour l'évaluation de la condition de l'actionneur de la vanne de la turbine à vapeur ..... 13
Guides métallurgiques pour les vannes des groupes turbo-alternateurs américains et internationaux ..... 14
Ajouts à la base de données pour la maintenance préventive des turbo-alternateurs ..... 15
Évaluation du fluide utilisé dans les systèmes de commandes électrohydrauliques ..... 15
Guide de maintenance pour le boulonnage des turbines à vapeur ..... 16
Regardant vers l'avenir : Programme 65 et NSTI ..... 17
Atelier sur la fissuration par corrosion sous contrainte et fatigue par corrosion ..... 18
Réunion et atelier TGUG en Europe 2009 ..... 18
Atelier 2008 pour les turbines de pompes d'alimentation de chaudières et de réacteurs (B/RFPT/Boiler and Reactor Feed Pump Turbine) ..... 18
Projets de turbo-alternateurs supplémentaires ..... 19
Détermination du paramètre pour des aubes de turbines à 12% Cr utilisant une technologie de détecteur de fatigue ..... 21
Démonstration de la performance d'un examen non destructif de la fixation en retenue axiale d'aubes sur disque ..... 21
Guide pour l'inspection des aubes de turbines basse pression ..... 22
Optimisation de la mesure par détecteur de fatigue pour les surfaces d'aubes courbes ..... 22
Évènements à venir ..... 23
Personnel du programme ..... 23
Guide pour l'analyse des causes fondamentales des défaillances d'aubes de turbines à vapeur ..... 23


## Le guide de maintenance du système de commande mécanique hydraulique est en cours de rédaction

Les systèmes de commande mécaniques hydrauliques (MHC/mechanical hydraulic control) pour turbine sont encore largement utilisés aujourd'hui sur des groupes qui ont de 30 à 50 ans. Ces systèmes de commande sont essentiellement fiables, mais ils demandent d'avoir des connaissances sur les caractéristiques d'usure anticipée des composants mécaniques et sur les procédures de mise en place du système. Les changements d'effectifs effectués par les centrales et les fournisseurs d'équipements ont réduit le niveau d'expertise nécessaire pour un entretien et dépannage convenable des systèmes MHC. Pour répondre à ces problèmes, le travail de réalisation d'un guide de maintenance sur les systèmes MHC a commencé au début de cette année. Le guide sera terminé en mars 2009.




Système de commande MHC à arbre à cames/galet de came typique

Ce rapport technique décrira en détail les bases pour le fonctionnement, l'inspection, l'installation, le dépannage et la maintenance

*suite à la page 2*

*suite de la page 1*

d'un système MHC. Il permettra aux nouveaux ingénieurs systèmes de se familiariser avec les problèmes et les mesures correctives nécessaires pour pouvoir maintenir l'indisponibilité liée au système MHC à un minimum. Ce rapport a pour but de traiter des dispositifs MHC utilisés sur les vannes de turbines à vapeur fossiles de General Electric (GE) et de Westinghouse dans les centrales thermiques.

Le rapport initial ne contiendra que des informations limitées sur les centrales nucléaires car seules six de ces centrales dans le monde utilisent encore ce type de système de commande pour turbine (à la différence des systèmes de commande électrohydrauliques plus modernes). A fur et à mesure de l'avancement du projet, nous envisagerons la possibilité d'inclure des informations supplémentaires sur les systèmes MHC de centrales nucléaires dans le rapport final. L'ajout d'informations se rapportant au nucléaire a pour effet d'agrandir considérablement le cadre original du projet.

Actuellement, le sommaire de l'essentiel des informations qui figurera dans le rapport est le suivant :

1. **Description technique.** Cette section comprendra une description générale des systèmes MHC de GE, Westinghouse 300# et Westinghouse 150#, avec un accent particulier sur les composants standards avants (socle), les composants du réservoir d'huile lubrifiante qui sont liés directement aux commandes (à l'exclusion du système d'huile lubrifiante), les composants de l'armoire des commandes hydrauliques des vannes, et les composants semi standards. Les éléments inclus sont les suivants :
   a. Pour les groupes GE : variateur de vitesse/charge, limiteur de charge, régulateur de vitesse, relais tachymétrique secondaire, relais d'accélération, vanne pilote secondaire, tringleries, régulateurs de coupures, régulateur de pression initiale, contrôleur de vannes d'arrêt et de vannes de dérivation, régulateur de vitesse de la vanne d'interception (IV/intercept valve), biellette de répartition de l'armortisseur hydraulique, déclencheur de survitesse, déclencheur de survitesse de sauvegarde, dispositifs de déclenchement pour la vanne d'arrêt principale et la vanne d'arrêt de surchauffe, anticipateur de déclenchement, dispositifs de test, déclencheur de sous-pression, dispositif de déclenchement du palier de butée, interface du déclencheur électrique, régulateur du joint d'étanchéité de vapeur, pompe à huile de l'arbre principal, et servorotor (appelé engrenage dans certains groupes)
   b. Pour les groupes Westinghouse (150# and 300#) : variateur de vitesse/charge, régulateur auxiliaire, vanne de limite de charge, rotor de pompe à huile, régulateur de pression des gaz, vanne de déclenchement d'urgence du régulateur, contrôleur de la vanne des gaz, servomoteur de la vanne des gaz,, déclencheur de survitesse, collecteur de déclencheurs,pompe à huile principale, servomoteur de la vanne de commande, servomoteur de la vanne d'interception, orifices multiples et clapet antiretour, et rotor de contrôle
2. **Inspection.** Cette section contiendra les critères d'inspection pour les dispositifs de commande des turbines GE et Westinghouse. Des copies des fiches techniques utilisées pour enregistrer les mesures et les conditions de mesures seront incluses. Les critères utilisés pour l'inspection des systèmes de commande seront fournis. Seront inclus les ajustements habituels, tels que la régulation des mesures, le point de fissuration de la vanne de commande, et les points de réglage de la survitesse.
3. **Maintenance.** La section relative à la maintenance contiendra les tâches de maintenance préventive et corrective pour les dispositifs de commande de turbines GE et Westinghouse. Les procédures applicables pour le démontage, la réparation et le remontage des éléments seront incluses, et tout outil spécialisé sera indiqué. Tout facteur de sécurité relatif au travail sur les dispositifs de commande sera fourni. Des références à des améliorations partielles ou des modifications ayant été effectuées de façon courante seront incluses.
4. **Mise en service après maintenance.** Cette section décrira les activités nécessaires pour préparer et mettre en œuvre les vérifications des systèmes de commandes avant leur mise en service et avant le démarrage d'un groupe suite à une indisponibilité majeure, qu'un travail majeur ait été effectué ou non sur les systèmes de commande.
5. **Dépannage.** Cette section contiendra un guide pour le dépannage de problèmes opérationnels. Des problèmes opérationnels courants, symptômes, causes et solutions seront inclus.

*Pour plus de renseignements sur ce projet, veuillez contacter Alan Grunsky au 704.595.2056, agrunsky@epri.com.*

## MMise à jour du guide pour les essais et le contrôle en ligne des turbo-alternateurs

Le rapport EPRI *Guide for On-Line Testing and Monitoring of Turbine Generators (guide pour les essais et le contrôle en circuit des turbo-alternateurs)* (1006861), publié en 2002, fourni des informations sur les mécanismes de défaillance pour tous les fabricants principaux de générateurs et identifie les systèmes de détection en circuit les plus appropriés.

Ce projet aura pour objectif d'ajouter des conseils pour l'exécution d'essais hors-circuit et pour améliorer l'attribution appropriée des mécanismes de défaillance en ajoutant l'âge et la durée de service du générateur. Le rapport sera disponible au plus tard le 31 décembre 2008.

*Pour plus de renseignements, veuillez contacter Jan Stein, 650.855.2390, jstein@epri.com.*


## Des notes pour le générateur à turbine à vapeur

sont publiées par le **Programme des turbo-alternateurs à vapeur nucléaires et fossiles d'EPRI**

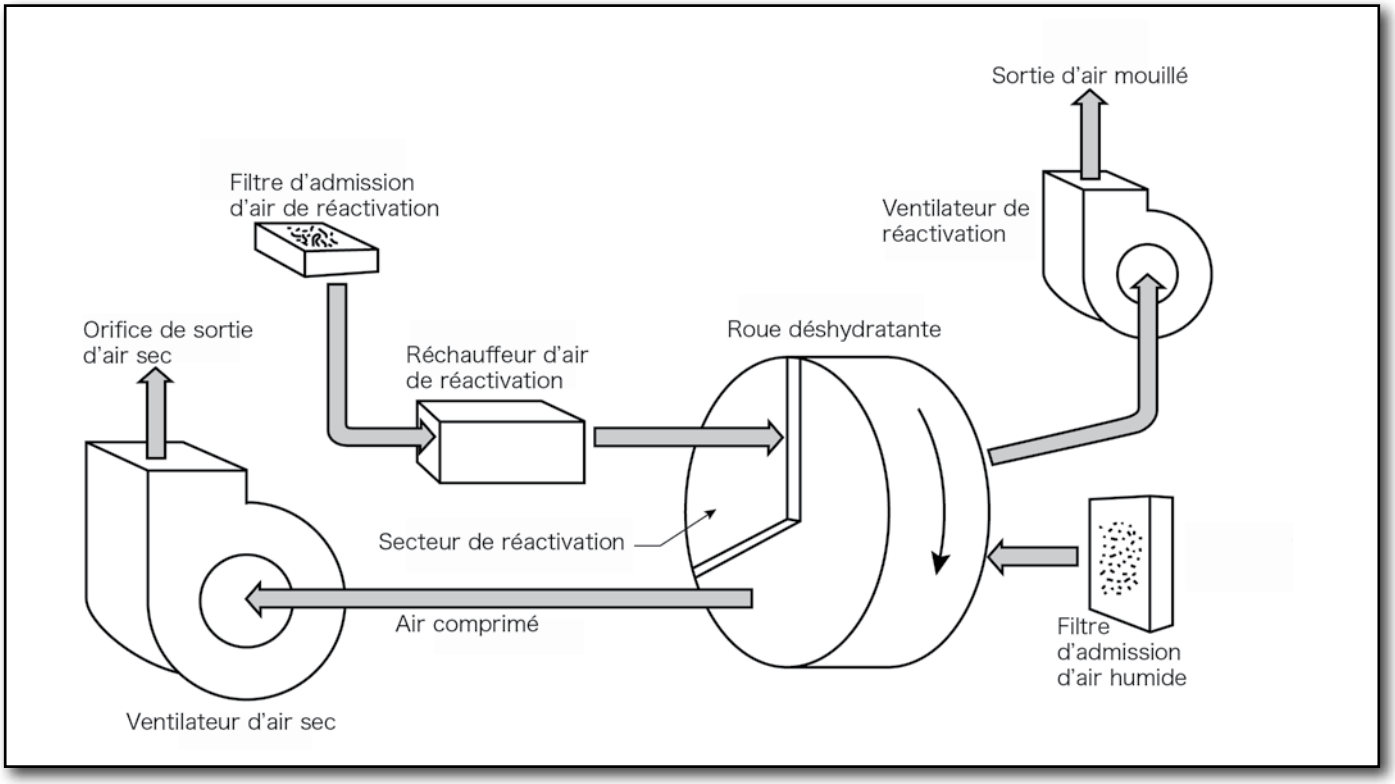
*1300 W.T. Harris Blvd., Charlotte, NC 28262,*
*fax 704.595.2867*
***Contact de NSTI/Program 65 :*** *Alan Grunsky, 704.595.2056, agrunsky@epri.com*

# Protection à l'arrêt des turbines à vapeur par utilisation d'air sec

Les programmes EPRI 88 (Heat Recovery Steam Generators/Générateurs de vapeur à récupération de chaleur), 64 (Boiler and Turbine Steam and Cycle Chemistry/Chimie de la vapeur et du cycle de la chaudière et turbine), 65 (Steam Turbines, Generators, and Balance-of-Plant/Turbines à vapeur, générateurs et d'équipements auxiliaires, et le Nuclear Steam Turbine-Generator Initiative (l'Initiative turbo-alternateur à vapeur nucléaire) ont diffusé un rapport sur l'utilisation de l'air sec pour la protection des turbines à vapeur pendant l'arrêt. Le rapport, publié en mars 2008 est intitulé *Shutdown Protection of Steam Turbines Using Dehumidified Air (Protection à l'arrêt des turbines à vapeur par utilisation d'air sec)* (1014195).

Ce rapport servant de guide fournit une méthodologie selon laquelle le personnel des centrales thermiques et nucléaires peut évaluer l'utilisation d'air sec pour la protection à l'arrêt des turbines à vapeur dans le cas de groupes neufs et existants. En accord avec les principes directeurs d'EPRI pour la protection à l'arrêt, cette approche exhaustive envisage les besoins de protection à l'arrêt des autres composants.

*Pour plus de renseignements sur ce projet, veuillez contacter Jim Mathews au 704.595.2044, jmathews@epri.com, ou Alan Grunsky, 704.595.2056 agrunsky@epri.com.*




A Système de déshumidification

# Projet de joint labyrinthe avancé

L'objectif global de recherche pour ce projet consiste à définir une configuration de joint labyrinthe (forme du couteau, espacement, caractéristiques de surface du rotor, matières, etc.) qui restreint de manière fiable un écoulement de fuite sur une longue période et tolère des amplitudes de vibrations latérales à mi-portée d'arbres typiques. Cette recherche permit d'acquérir des connaissances et des informations détaillées notamment sur les effets de combinaisons variées de paramètres de conception du joint labyrinthe sur l'étanchéité du joint. De plus, une méthodologie d'analyse détaillée sera mise à l'essai et fera l'objet d'un rapport. L'industrie de la production d'énergie d'aujourd'hui est menée par deux moteurs importants 1) l'augmentation de la fiabilité/la réduction des temps d'arrêt et 2) un rendement thermique améliorée. Ces deux moteurs seront affectés de façon positive par ce projet.

*Pour plus de amples renseignements sur ce projet, veuillez contacter Gary Golden, 865.218.8111, ggolden@epri.com.*

# Ajouts aux directives pour la réduction des temps et des coûts des révisions et des inspections de maintenance des turbo-alternateurs

Pendant plus de sept ans, le programme EPRI des turbo-alternateurs (TA) a accumulé des informations qui peuvent aider les compagnies d'électricité et les centrales pour la maintenance des TA. Ces informations sont contenues dans sept tomes intitulés *Guidelines for Reducing the Time and Cost of Turbine-Generator Maintenance Overhauls (Directives pour la réduction des temps et des coûts des révisions et des inspections de maintenance des turbo-alternateurs).* En 2007, du nouveau matériel a été ajouté au Tome 2, *Repair Procedures (Procédures de réparation),* et au Tome 4, *Blade and Rotor Procurement Specifications (Caractéristiques de l'approvisionnement en aubes et rotors).*

Toute entreprise ayant un engagement contractuel de plusieurs années (au moins trois ans) au Programme 65 peut commander l'ensemble des sept tomes dans un format de 4 CD. Si vous correpondez à ces critères, vous pouvez commander le produit EPRI 2007 1014134. Cet ensemble de 4 CD est également disponible aux bailleurs de fonds pour l'Initiative turbine à vapeur nucléaire (Nuclear Steam Turbine Initiative).

Les entreprises qui financent le Programme TA annuellement (quel que soit le nombre d'années consécutives de ce financement) ne peuvent pas commander le produit 1014134, mais les ajouts pour l'année 2007 ont été compilés dans un document supplémentaire unique - rapport EPRI 1016387 - qui peut être commandé. Ce supplément, ajouté à l'ensemble des sept tomes de 2006, constitue l'ensemble complet et courant des Directives.

Le contenu général de chaque tome est le suivant :

- CD 1

  *Tome 1 : Pratiques générales*

  – Le premier tome présente les pratiques générales pour chacune des activités fondamentales de maintenance qui sont généralement associées à une panne : Évaluation de la condition du TA (en cours de service), préparation de la panne et de l'appel d'offres, les procédures d'arrêt du groupe, le démontage et l'enregistrement du jeu des pièces, traitement des informations pour assurer l'exclusion des matières étrangères (FME/Foreign Material Exclusion), évaluation de la condition du TA (hors-circuit), vidange de l'huile, alignement et équilibrage du rotor, vérifications avant démarrage, les activités d'après panne. Le Tome 1 contient également, en annexe, un exemplaire de rapport d'indisponibilité de TA, plus de 150 modèles de fiches techniques, et un document servant de guide pour le processus de FME du TA.

  *Tome 2 : Procédures de réparation*

  – Le second tome détaille les procédures de réparation pour diriger la phase précédant l'appel d'offre, l'inspection, le démontage, et la réparation des composants critiques de la turbine et de l'alternateur. Des exemples de ces procédures comprennent le moulage par centrifugation du palier/re-puddlage, les réparations du diaphragme et de la cloison de la tuyère, du tenon de l'aube, du joint d'étanchéité pour l'hydrogène, du boîtier isolant horizontal, du couvercle de la vanne d'arrêt de vapeur principale, l'inspection et la réparation du joint d'étanchéité pour l'hydrogène du générateur, l'inspection et la maintenance de l'alterrex, l'inspection, les essais, le recalage des stators de générateur, et la maintenance de la bague collectrice et du porte-balais.

  *Tome 3 : Spécifications pour l'équilibrage et l'alignement*

  – Le troisième tome contient des bases complètes sur l'alignement et l'équilibrage de même que les procédures d'équilibrage à haute et basse vitesse pour turbines, générateurs et excitateurs.

  *Tome 4 : Spécifications de l'approvisionnement en aubes et rotors*

  – Le quatrième tome fournit des spécifications détaillées sur l'approvisionnement en aubes de turbine, y compris un guide sur la fréquence d'essais et d'ajustements des aubes, des rotors haute /moyenne /basse pression (HP/MP/BP) pour centrales thermiques classiques,des rotors HP/BP pour centrales nucléaires, des rebobinages de rotors, des nouveaux rotors de générateur, des rebobinages statoriques des rotors, des nouveaux stators de générateurs, des systèmes d'excitation du générateur, des isolants pour turbine, des services de dépannage complets des turbines et des boulonneries pour turbines.

  *Tome 5 : Répertoire et base de données des turbines*

  – Le cinquième tome contient un répertoire et une base de données sur les grandes (>75 mégawatts) turbines électriques qui fonctionnement avec des aubes de dernier étage de 58 cm de longueur minimum. La liste contient maintenant des groupes américains et internationaux. Cette base de données répertorie les fabricants d'origine de turbines avec la désignation de leurs équipements et l'état des centrales/groupes (à partir de 2001). Pour aider les utilisateurs de ce répertoire à identifier les exploitants qui pourraient avoir des groupes partageant des caractéristiques communes, les données sont classées et présentées par longueur d'aube L-0 et la désignation du modèle du fabricant (dans les cas où celle-ci était identifiable). Le répertoire comprend les centrales/groupes qui ont été soit arrêtés ou annulés. Ce tome comprend également un tableau répertoriant les groupes nord-américains et internationaux qui ont achevé de remplacer ou de modifier des composants majeurs.

- CD 2

  *Tome 6 : Conception des aubes/disques HP/MP et les spécifications des inspections*

  – Le sixième tome présente les procédures d'inspection et d'audit des systèmes d'aubes et de disques HP/MP des turbines à vapeur selon le modèle. Cette information sert au personnel de maintenance des turbines pour

*suite à la page 5*

*suite de la page 4*

évaluer l'érosion due à des particules solides, la fatigue polycyclique (HCF/High cycle fatigue), la fatigue oligocyclique (LCF/low-cycle fatigue), et les dommages suite à la rupture par fluage des aubages HP et MP.

- CD 3

  *Tome 7 : Systèmes d'aubes/disques BP et spécifications pour les inspections*

  – Le septième tome contient les procédures d'inspection et d'audit des systèmes d'aubes/disques BP de turbines à vapeur selon le modèle. Cette information sert au personnel de maintenance des turbines pour évaluer la fissuration par corrosion sous tension (SCC/stress corrosion cracking), et les dommages HCF, et LCF à l'aubage BP.

- CD 4

  *Programmes d'informatique TGAlign et TGAlign-SI et les manuels de l'utilisateur*

  – Le logiciel TGAlign (versions disponibles avec unités anglo-saxonnes ou unités SI) est un programme robuste qui permet de déterminer l'alignement de couplage idéal pour un système à rotor TA, réduisant ainsi les temps d'arrêt pour les TA vapeurs.

Le groupe consultatif technique des compagnies d'électricité (TAG/technical advisory group) s'est réunit début 2007 par webémission, et celui-ci a décidé ce qui serait ajouté aux directives des CD. Les ajouts suivants ont été effectués pour l'ensemble des sept tomes en 2007 :

- Ajout au tome 2 :
  – Nouvelle section 8.13 « bague collectrice, collecteur, manuel de maintenance pour montage de balai et porte-balais »
- Ajout au tome 4 :
  – Spécifications pour l'achat d'un système d'excitation pour générateur (nouvelle section 10) et exemple d'une demande de devis (RFQ/request for quote) pour la fourniture d'un tel système à la nouvelle annexe G
  – Spécifications pour l'achat d'une nouvelle boulonnerie de turbine à la nouvelle Section 11 et un exemple de demande de devis pour la fourniture de la boulonnerie pour turbine
  – Une nouvelle Annexe K, pour compléter les spécifications d'achat existantes pour l'aubage de turbines qui se trouvent dans la Section 1 intitulée « normes pour les essais de fréquence d'aubes et réception des réglages »

Le Groupe s'est de nouveau rencontré par webémission en mars 2008 pour discuter d'ajouts potentiels. Les informations suivantes seront ajoutées à la série de CD en 2008 en fonction des contraintes du budget et de la disponibilité des informations :

- Meilleures pratiques pour l'installation de joints d'étanchéité pour hydrogène et leur maintenance préventive à long terme
- Meilleures pratiques pour l'optimisation de l'alignement dans l'axe longitudinal du rotor de TA
- Spécifications pour l'achat d'aubage pour turbines-pompes d'alimentation de chaudières/de réacteurs (B/RFPT - Boiler/reactor feedpump turbine) et exemple de demande de devis
- Analyse paramétrique de la vibration du TA sur la vie du palier
- Directives pour l'achat d'un groupe complet B/RFPT
- Une liste des bulletins de maintenance provenant des fabricants de l'équipement d'origine et lettres d'informations techniques/conseils
- Une procédure de grenaillage

*Pour plus de renseignements sur les* Guidelines for Reducing the Time and Cost of Turbine-Generator Maintenance Overhauls and Inspections (Directives pour la réduction des temps et des coûts des révisions et inspections de de maintenance des turbo-alternateurs), *contacter Alan Grunsky, 704.595.2056, agrunsky@epri.com. Vous pouvez également lui demander comment devenir un bailleur de fond pour le programme 65 pendant plusieurs années ou connaître le niveau de participation actuel de votre entreprise.*

Regravure d'une rainure hélicoïdale usée

# Le programme turbo-alternateur EPRI tient un atelier et un salon de fournisseurs pour turbo-alternateurs à vapeur en 2007 et un rassemblement du groupe d'utilisateurs pendant l'été 2007

## 10ème atelier turbo-alternateur à vapeur et Salon de fournisseurs

Entre le 13 et 15 août 2007, le Programme turbo-alternateur d'EPRI a tenu son 10ème atelier sur les turbo-alternateurs à vapeur et un Salon de fournisseurs au JW Marriott Desert Ridge Resort & Spa, à Phoenix en Arizona. Bien que les températures aient atteint 43°C pratiquement tous les jours, le rassemblement a connu un énorme succès, avec plus de 250 participants à l'atelier de trois jours et 48 fournisseurs participant au salon qui s'est tenu les soirs du lundi et mardi.

Le lundi matin, deux ateliers précédant l'atelier et le salon ont eu lieu. L'un concernait la conception de turbines-pompes d'alimentation de chaudières/réacteurs, l'autre se rapportait aux essais des coeurs de générateurs.

Des séances multiples ont été tenues en parallèle pendant les trois jours, et les sujets suivants ont été abordés :

- Turbines à vapeur
- Évaluation non destructive des TA
- Contrôle des alternateurs en ligne et évaluation de leur condition
- Contrôles du coeur du générateur, de la masse électrique du rotor, et des fuites d'eau de refroidissement du stator
- Améliorations et maintenance du générateur
- Recherche et développement pour les turbines à vapeur
- Tours de rotor du générateur et détetion des perturbations de réseau
- Utilisation de données de contrôle

## Réunion d'été du groupe d'utilisateurs des turbo-alternateurs

La réunion d'été 2007 du groupe d'utilisateurs des turbo-alternateurs (TGUG/Turbo-Generator Users Group) s'est tenue les 16 et 17 août en association avec le 10ème atelier des turbo-alternateurs à vapeur dans le même hôtel à Phoenix, en Arizona. Le jeudi soir il y a eu une séance supplémentaire. Il s'agissait du groupe de travail Generator Clip-to-Strand TGUG, dirigé par Tom Phelan de Constellation Energy ; il y avait environ 25 participants.

Toutes les informations échangées pendant la réunion et l'atelier de la semaine peuvent être consultés sur le site web d'EPRI à l'adresse suivante : http://www.epri.com/tgug/pastmeetings.html.

*Pour plus de amples renseignements sur le Programme EPRI TA ou bien le TGUG et ses activités, contacter Alan Grunsky, 704.595.2056, agrunsky@epri.com.*

# Le groupe EPRI d'utilisateurs des turbo-alternateurs tient l'atelier et la réunion d'hiver 2008 à San Diego

La 17ème réunion du groupe d'utilisateurs des turbo-alternateurs (TGUG) s'est tenue à San Diego, Californie à l'hôtel Marriott Mission Valley du 23 au 25 janvier 2008, l'atelier associé se tenant au même endroit les 21 et 22 janvier.

Plus de 250 inscrits et 30 fournisseurs ont participé au salon qui s'est tenu les soirs du lundi et mardi de cette semaine-là. Le premier jour de l'atelier s'est tenue une séance combinée relative aux turbo-alternateurs (TA) intitulée « North American Electric Reliability Corporation Validation Requirements/Regulations/Issues from the Turbine-Generator Perspective ». Le mardi, il s'est tenu deux séances d'atelier ; la séance sur les turbines s'intitulait « Améliorations des TA : Préparation, fourniture et installation », et la séance relative aux alternateurs s'intitulait « Maintenance préventive du stator, rotor et de l'excitateur du générateur (révisions / reconditionnements) : Stratégie par rapport à une rénovation ou un remplacement ».

Le mercredi, une séance en soirée a poursuivi la séance du mardi sur les turbines intitulée « Améliorations TA : Problèmes et expériences ». Cette séance était dirigée par Danny Chlou (Exelon) et Paul Zayicek (EPRI). Une autre séance du soir s'est tenue le jeudi soir avec une réunion du groupe de travail Generator Clip-to-Strand TGUG.

Toutes les informations échangées pendant la réunion et l'atelier de la semaine peuvent être consultées sur le site web d'EPRI à l'adresse suivante : http://www.epri.com/tgug/pastmeetings.html.

*Pour plus de renseignements, veuillez contacter Alan Grunsky au 704.595.2056, agrunsky@epri.com.*

# Le projet d'application d'un système de mesure de coordonnées à laser de suivi est terminé

La publication du rapport *Tracking Laser Coordinate Measurement System Application for Turbine Outage Activities (Application d'un système de mesure de coordonnées à laser de poursuite pour les activités de pannes de turbines)*(1014136) en décembre 2007 illustre un autre exemple de la façon dont le programme turbo-alternateur d'EPRI continue d'étudier l'utilisation de technologies industrielles différentes. Les objectifs de cette recherche ont consisté à identifier les tâches liées à la prise de mesures de turbines, qui pourraient être effectuées de façon plus efficaces en utilisant un système de mesure de coordonnées par laser de poursuite, et pour décrire et démontrer le principe du procédé pour utiliser ce système.

La société FARO Technologies, Inc. a été sollicitée pour démontrer son système de mesure par laser et pour adapter son logiciel de sorte à inclure plusieurs fiches techniques de mesures en exemple, et pour fournir des consignes d'utilisation détaillées pour la prise de mesure en utilisant les fiches techniques choisies.

Ce rapport comprend une liste des tâches qui pourraient être effectuées avec un système de mesure de coordonnées avec laser de poursuite, une description du principe du processus pour se servir du système, les avantages et inconvénients du système, et deux exemples de la façon dont le système peut être utilisé.

*Pour plus de renseignements sur ce rapport, veuillez contacter Alan Grunsky au 704.595.2056, agrunsky@epri.com.*

Composants du laser de poursuite
*Source : FARO Technologies, Inc. © 2007 Tous droits réservés*

## Projet fin-de-vie du rotor de turbo-pompe d'alimentation de-chaudière ou de réacteur

Afin d'aborder un nombre grandissant de problèmes concernant les turbines-pompes d'alimentation de chaudières ou de réacteurs (B/RFPTs - Boiler/reactor feedpump turbines), EPRI a entrepris plusieurs activités visant à aider nos membres à résoudre ces problèmes. En 2007, un sondage a été effectué pour identifier les problèmes courants dans l'industrie, ces résultats seront renforcés par un second sondage. En parallèle, EPRI lance un projet sur la fin-de-vie du rotor de B/RFPT qui envisagera les problèmes de circuit auxquels les membres sont confrontés actuellement. Nous vous demandons de bien vouloir prendre le temps de participer à ce sondage ou bien de le faire parvenir à une personne dans votre entreprise qui pourra le faire.

*Pour plus de amples renseignements sur ce projet ou bien concernant d'autres questions relatives aux B/RFPT, veuillez contacter Gary Golden, 865.218.8111, ggolden@epri.com.*

## Les effets de substances biologiques/amines sur la performance des turbines

Tandis que la demande d'électricité atteint des points critiques, et que le coût de sa production augmente, de même grandit le besoin pour un meilleur rendement des turbines. Le programme 65/NSTI entreprend actuellement un projet concernant les substances biologiques/amines (O/As - organics/amines) pour étudier l'amélioration de performances lorsque des O/As sont injectés dans le parcours de la vapeur. EPRI contrôlera la différence de nucléation de la vapeur après que des O/As aient été injectés dans le parcours de la vapeur : en particulier, la vapeur passera par une tuyère convergente-divergente et sera contrôlée pour des améliorations de rendement. Les résultats de ce projet seront publiés en mars 2009.

*Pour plus de amples renseignements sur ce projet, veuillez contacter Gary Golden, 865.218.8111, ggolden@epri.com.*

# Atelier de travail pour groupe d'intérêt relatif à la conformité des turbines et générateurs aux normes NERC

Un certain nombre de normes approuvées et proposées par la North American Electric Reliability council (NERC/Conseil de fiabilité électrique nord américain) concerne directement les turbines et les générateurs, y compris les normes MOD-024 pour la vérification de la capacité de puissance active brute et nette d'un générateur, MOD-025 pour la vérification de la capacité de puissance réactive brute et nette d'un générateur, PRC-019 pour la coordination des commandes du régulateur de tension du générateur avec capacité et protection du groupe, MOD-026 pour la vérification des modèles et données sur la fonction système d'excitation du générateur, et MOD-027 pour la vérification de la réponse en fréquence du groupe générateur. Par ailleurs, un certain nombre de normes se rapportent à l'échantillonnage de données, l'établissement de rapports, la conservation du personnel, et les notifications entre le propriétaire du générateur et l'opérateur du réseau de transmission. La loi de l'U.S. Energy Policy Act datant d'août 2005 contient certaines dispositions qui rendent obligatoire et la mise en application de la conformité aux normes NERC.

Un groupe d'intérêt est en cours de formation pour échanger des expériences relatives à cette conformité. DTE Energy accueillera la première réunion les 21 et 22 août 2008. Le programme d'un jour et demi contient un cours de formation, des études de cas et des comptes-rendus.

Les membres du Programme de production EPRI 65 (turbines vapeurs, générateurs et d'équipements auxiliaires), du Programme 85 (production d'énergies de remplacement et hydroélectriques), de l'Initiative turbine à vapeur nucléaire, et du Programme 40 pour la livraison et l'utilisation de l'énergie électrique (programmation du réseau) pourront participer gratuitement à la conférence. Les frais de participation pour tous les autres membres d'EPRI est de 5 000 dollars.

Sont invités à participer les ingénieurs et les techniciens qui effectuent les essais et les validations, les gestionnaires de conformité des compagnies d'électricité, et les programmeurs des réseaux de transmission.

*Pour plus de renseignements, veuillez contacter le centre d'assistance à la clientèle au 800.313.3774, askepri@epri.com. L'expert technique à contacter est Jan Stein, 650.855.2390, jstein@epri.com.*

## Évaluation des revêtements du stator de turbine à basse pression pour réduire l'érosion des aubes du rotor

Ce projet supplémentaire consiste à examiner les avantages potentiels de revêtements de surface du stator pour réduire les dommages dus à l'érosion causée par des gouttes d'eau. Ce projet d'investigation qui se tient au Space Institute de l'université de Tennessee, consiste en l'application de revêtements hydrophobes à la surface du stator afin de changer les caractéristiques de gouttelettes d'eau provenant du bord de fuite du stator.

Les sections de grilles d'aubes ont déjà été construites, et la configuration de la soufflerie est en train d'être mise en place. Une caméra à grande vitesse capture la taille des gouttes d'eau provenant du bord de fuite des aubes du stator. Une section de grille d'aube de référence sert de comparaison aux sections de grilles portant les revêtements hydrophobes.

*Pour plus de amples renseignements sur ce projet, veuillez contacter Gary Golden, 865.218.8111, ggolden@epri.com.*

## Livre de référence pour les produits turbo-alternateurs à vapeur

Depuis ses débuts, le Programme d'EPRI de turbo-alternateur à vapeur a créé une multitude de rapports et d'autres produits. Une compilation de plus de 125 synthèses de produits qui décrivent la recherche effectuée par EPRI pendant ces 20 dernières années est contenue dans le rapport EPRI *Description of Past Research (description de la recherche passée) : EPRI Fossil and Nuclear Steam Turbines and Generators—Volume 4 (EPRI Turbines à vapeur et générateurs de centrales thermiques et nucléaires - Tome 4)* (1016900). Les synthèses sont classées par catégories liées aux générateurs, turbines à vapeur, logiciels, rapports sur des technologies d'innovation, et autres sujets variés associés. Chaque synthèse contient un résumé; une description de l'objectif du rapport, de l'approche utilisée et des résultats ; et enfin la perspective d'EPRI. Le rapport est une référence pratique pour les organisations membres d'EPRI qui cherchent des rapports existants sur des sujets bien précis. EPRI met à jour ce rapport tous les ans pour y inclure les nouveaux rapports de recherche et les logiciels.

*Pour plus de renseignements, veuillez contacter Alan Grunsky au 704.595.2056, agrunsky@epri.com.*

# Guide pour l'installation de manchons isolants haute tension pour générateur

Il n'est pas inhabituel que des manchons aient 50 ans d'âge. Lors de pannes majeures, les manchons sont inspectés et selon leur condition, ils peuvent être réparés ou remis à neuf. Les vieux manchons finissent par devoir être remplacés, et une installation adéquate de manchons de générateurs est essentielle pour que le groupe puisse fonctionner dans des conditions de sécurité. La connexion verrouillée entre le boîtier et la bride de soutien doit être étanche au gaz de façon à ce que l'hydrogène sous pression ne puisse pas s'échapper du générateur.

L'objectif de ce projet est de produire un rapport complet sur l'installation de manchons haute tension sur un générateur. Le rapport considèrera les questions suivantes :

- Conception d'un raccordement boulonné, y compris les sujets suivants :
  - Tensions nécessaires pour le couple de serrage d'un boulon par rapport à l'assise d'un joint
  - Sélection de la matière du boulon par rapport aux besoins en couple de serrage du boulon
  - Comparaison des boulonnages magnétique et non-magnétique
  - Effet de la lubrification des boulons par rapport à la non-lubrification
  - Sélection de la matière du joint par rapport aux besoins en couple de serrage du boulon
  - Matière de la plaque à bornes par rapport au couple de serrage du boulon et considérations concernant la matière du boulon
  - Effet des produits de scellement sur l'étanchéité du joint
  - Effet de la bride de soutien du manchon et état et préparation de la surface de la plaque à bornes sur les caractéristiques de l'étanchéité du joint
  - Considérations de l'agencement du boulon dans l'interface bride de soutien/plaque à bornes
  - Méthodes d'application du couple de serrage (outillage)
  - Méthodes de verrouillage du boulon
  - Nécessités d'inspection et d'essais avant et après installation
  - Manipulation pour éviter la corrosion ou les fissures accidentelles et la rupture
  - Installation et intervalles de vérification de maintenance
  - Boulonnage approprié des liens flexibles aux barres omnibus isophases
- Conception et installation par le fabricant des équipements d'origine (OEM/ original equipment manufacturer), y compris les points suivants :
  - ABB, General Electric, et Siemens/Westinghouse/Haefely
  - Systèmes de refroidissement des manchons (air, eau et huile), différences et méthodes de montage/démontage
  - Essais de pression des manchons refroidis à l'huile et à l'eau
- Détérioration et méthodes possibles de réparation, y compris les points suivants :
  - Isolateur en porcelaine par rapport à des matières alternatives
  - Manchons remis à neuf
  - Méthodes de détection des fuites
  - Matériaux d'étanchéité
  - Une liste de lettres d'informations techniques, bulletins de service et notices OEM

- Retrait et installation y compris les points suivants :
  - Préparation de la zone
  - Évacuation de la zone de travail
  - Montage et manipulation des poids des manchons, transformateurs de courant et enclos de barres sous gaines en phase neutre ou isolée
  - Considérations d'exclusion de matières étrangères
  - Outils et disposition des outils
  - Manipulation appropriée des manchons de haute tension pendant le retrait et l'installation
  - Essais de champ électrique du manchon de remplacement ; essais sous tension élevée (Hipot/high-potential)
  - Essais mécaniques sur le terrain (par exemple, pression) du manchon de remplacement
  - Le degré de contact nécessaire pour la connexion entre le manchon et le fil de l'alternateur
  - Rubanage des connexions de sortie
- Critères de remplacement et pièces détachées, y compris les points suivants :
  - Fréquence et étendue des inspections
  - Critères de remplacement
  - Quand faut-il avoir des pièces de rechange et combien faut-il en avoir
  - Recommandation pour contre-inspections et périodes des resserrages de boulons
  - Besoins en stockage (par exemple entreposage vertical)

Le rapport sera disponible au plus tard le 31 décembre 2008.

*Pour plus de renseignements, veuillez contacter Jan Stein, 650.855.2390, jstein@epri.com.*

# Méthodes non intrusives pour valider les normes NERC : Réponse en fréquence des turbines à vapeur (MOD-027)

MOD-027 demande que l'opérateur du générateur confirme la réponse en fréquence du groupe générateur (c'est-à-dire, la réponse en mégawatts du groupe aux déviations de fréquence du système) pour utiliser cette information pour des études de fiabilité. Chacune des régions du North American Electric Reliability Council (NERC/conseil nord-américain pour la fiabilité de l'électricité) doit maintenir des procédures pour la vérification de la réponse en fréquence, y compris les éléments suivants :

- Le temps de réponse, à modéliser jusqu'à 30 secondes pour les groupes à vapeur
- Le fabricant corroboré et les types de régulateurs de vitesse de turbine
- Le modèle corroboré pour chacun des régulateurs de vitesse de turbine y compris toute zone morte, gains, constante de temps et limites

En 2007, trois compagnies d'électricité ont financé un projet supplémentaire afin d'obtenir des paramètres d'essais en circuit et hors circuit sur le générateur, le système d'excitation et le régulateur (voir le rapport EPRI 1015241, *Power Plant Modeling and Parameter Derivation for Power System Studies* - Modélisation de centrales électriques et obtention de paramètres pour les études de systèmes électriques). Le logiciel pour le calcul de paramètres de centrales électriques (PPPD/Power Plant Parameter Derivation) permet aux ingénieurs d'obtenir des paramètres pour des modèles standards (c'est-à-dire, tels que définis par l'Institute of Electrical and Electronics Engineers) de générateurs et d'excitateurs, et pour des modèles de régulateurs de turbines à combustion.

L'objectif de ce projet est de permettre au logiciel PPPD de calculer également les paramètres de turbines à vapeur à partir d'essais provoqués et de perturbations de réseau (par exemple, perte d'un générateur important résultant en des déviations de fréquences du système) qui sont automatiquement mesurées pendant le contrôle des conditions ambiantes. L'objectif principal est d'étudier et de démontrer si le contrôle des conditions ambiantes peut être utilisé pour saisir des données de perturbation et ainsi être utilisé avec un logiciel automatisé pour satisfaire aux paramètres du modèle turbine-régulateur de grandes turbines à vapeur.

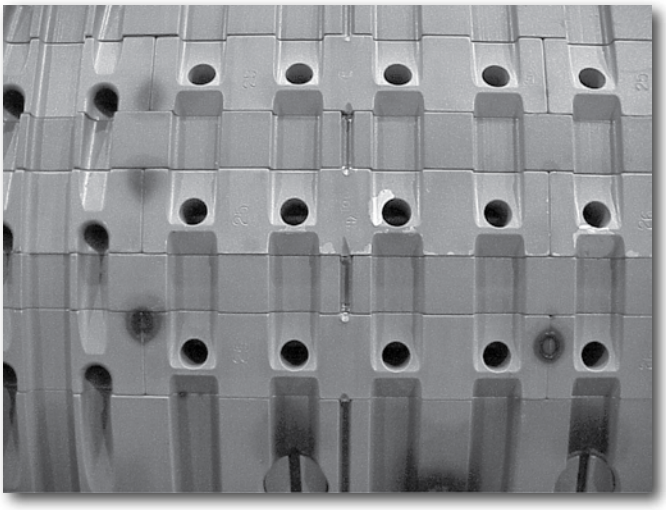
Le projet comprend les tâches suivantes :

1. Développement du modèle et de la méthode pour les grandes turbines à vapeur
2. Essai provoqué d'une grande turbine à vapeur d'une compagnie d'électricité hôte
3. Contrôle des conditions ambiantes pour le repérage d'évènements systèmes dans une compagnie d'électricité hôte (pour le même groupe testé en tâche 2)
4. Comparaison des modèles obtenus par les deux méthodes
5. Présentation des résultats pendant la réunion de consultation des producteurs d'énergie
6. Publication du rapport final
7. Livraison du logiciel prototype à l'équipe de génie logiciel d'EPRI
8. Atelier
9. Publication du logiciel en 2009

Le rapport sera disponible au plus tard le 31 décembre 2008.

*Pour plus de renseignements, veuillez contacter Jan Stein, 650.855.2390, jstein@epri.com.*

# Critères d'inspection des rotors de générateurs sujets à des courants inverses anormaux



L'échauffement par séquence négative du rotor est induit par trois éléments : le fonctionnement asynchrone du rotor, tel que le fonctionnement en moteur; le déséquilibre de phases dans un enroulement du stator causé par des charges asymétriques ou des défauts ; et des courants harmoniques introduits dans le réseau, par exemple par le biais de convertisseurs de fréquence statiques.

L'objectif de ce projet de plusieurs années est de définir le niveau de courant inverse qui justifiera des inspections du rotor pour dommages au forgeage, aux anneaux de retenue et aux coins durotor. *Le rapport d'EPRI Negative Sequence Effects on Generator Rotors(Effets des courants inverses sur les rotors de générateurs)* (1014910), publié en 2007, contient des modèles faciles à utiliser pour l'estimation de la température des dents et des coins pendant une pannecausée par un courant de séquence négative.

En 2008, le travail se poursuivra pour estimer l'échauffement des dents, de la face polaire, et des frettes et pour estimer les effets de l'échauffement pendant le fonctionnement en moteur du rotor. Toshiba a accepté de valider ce travail en le comparant aux résultats obtenus par une analyse à grande échelle. Les formules et les organigrammes nécessaires pour l'élaboration d'un logiciel pour les critères d'inspection seront également développés. Un logiciel convivial sera élaboré en 2009.

*Pour plus de renseignements, veuillez contacter Jan Stein, 650.855.2390, jstein@epri.com.*

# Nouveaux projets turbo-alternateurs livrés en 2007

**Guide for Stator Winding Coil Insulation Repair (Guide pour la réparation de l'isolation de l'enroulement des bobines du stator) Rapport 1014909**

Parfois l'isolation de l'enroulement du stator est endommagée en raison d'impacts mécaniques pendant le fonctionnement ; cependant, le plus souvent, l'isolation est endommagée mécaniquement pendant le remplacement du coin ou pendant le rebobinage. Dans certains cas il est possible de réparer les bobines et barres de stator *in situ* sans avoir à remplacer les bobines. Ce rapport, sous forme de CD, explique comment de tels dommages localisés peuvent être réparés de façon fiable et résume la méthodologie de réparation fondamentale.

**Guide for Rotating Machine Stator Winding Hipot Testing (Guide pour les essais à tension élevée de l'enroulement du stator de machines en rotation) Rapport 1014908**

L'essai de résistance à tension élevée (Hipot/high-potential), qui indique si l'isolation de l'enroulement du stator du générateur est prêt à l'emploi, est un essai standard de réception en usine pour toute nouvelle machine. Le même essai peut être effectué sur un générateur existant pour évaluer sa condition. EPRI a sondé les propriétaires de centrales sur les essais Hipot sur des machines existantes. Ce rapport répond aux questions soulevées pendant le sondage, y compris quand faut-il tester, le type d'essai à effectuer et la bonne tension à utiliser pour l'essai.

**Generator Control Testing to Certify Reactive Power Capability, Excitation System Functions, and Frequency Response (Essais de contrôle du générateur pour certifier la capacité de puissance réactive, les fonctions du système d'excitation, et la réponse en fréquence) Rapport 1014911**

Tous les participants à un système électrique bénéficient de l'utilisation de modèles précis de simulation des équipements du système : de tels modèles optimisent la disponibilité des équipements, minimisent les pertes, évitent les interruptions et protègent les équipements. Ce rapport résume les méthodes variées pour l'obtention de données à partir du modèle et décrit les avantages et inconvénients de chacune de ces méthodes.

**Negative Sequence Effects on Generator Rotors (Effets de courants inverses sur les rotors de générateurs) Rapport 1014910**

*Voir l'article en page 10.*

**Steam Turbine Blade Failure Root Cause Analysis Guide (Guide pour l'analyse des causes fondamentales des pannes d'aubes de turbines à vapeur) Rapport 1014137**

*Voir l'article en page 23.*

**Boresonic Inspection Primer (Notions élémentaires sur les inspections ultrasoniques de l'alésage) Rapport 1014140**

La fiabilité des rotors de turbines et la prévision de la durée de vie restante sont des secteurs de préoccupation pour les compagnies d'électricité qui désirent prolonger la durée de vie des composants et des périodes d'arrêt entre inspections. L'inspection non destructive ultrasonique de la zone d'alésage du rotor soumise à d'immenses tensions, fournit des données d'entrées parmi celles utilisées pour déterminer l'exploitabilité et la durée de vie restante du rotor. La détermination de la performance du système ultrasonique est essentielle pour établir le niveau de confiance dans les données provenant de ce système. Le rapport EPRI *Boresonic Inspection Primer (Notions élémentaires pour les inspections ultrasoniques de l'alésage)* (1014140) sert de guide pour évaluer la performance des systèmes d'inspection ultrasoniques et pour évaluer et sélectionner les entreprises qui fournissent ces services.

**Inspection and Damage Assessment of Turbine Casing Cracks (Inspection et évaluation des dommages liés aux fissurations du corps des turbines) Rapport 1014138**

Ce rapport sert de guide dans le choix d'options qui consistent soit en la continuation du fonctionnement, la réparation, ou la mise hors service des corps de turbine fissurés. Des techniques d'évaluation non-destructives et métallurgiques pour l'évaluation des fissures y sont décrites. Le rapport décrit également les éléments dont il faut tenir compte avant d'entreprendre une réparation de fissure - les méthodes de réparation des fissures des corps de turbine comprennent des méthodes mécaniques et des réparations de soudures - de même que les conditions qui éliminent la possibilité de réparation. L'expérience acquise par des compagnies d'électricité et leur méthodes de réparation y sont également documentées.

**Steam Turbine On-Line Blade Condition Assessment (Évaluation en circuit des conditions des aubes de turbines à vapeur) Rapport 1014143**

Ce rapport évalue les technologies disponibles dans le commerce et émergentes pour l'examen en circuit d'aubes de grandes turbines à vapeur, avec l'accent porté sur les technologies qui permettent de détecter des changements dans les caractéristiques de vibration des aubes associées à la propagation des fissures. La modélisation et l'analyse par éléments finis combinées à l'analyse des fractures ont été utilisées pour évaluer les effets de la propagation des fissures sur les caractéristiques mesurables d'aubes L-0. Le rapport présente des recommandations pour la mise en place de technologies de suivi appropriées qui sont basées sur le résultat des analyses. Y est inclue également l'expérience de l'industrie avec les dispositifs actuels disponibles qui utilisent la technologie de contrôle des aubes en circuit.

**Steam Turbine Bolting Maintenance Guide (Guide pour la maintenance du boulonnage des turbines à vapeur) Rapport 1013341**

*Voir l'article en page 16.*

# Cinquième atelier pour le transfert de technologies dans le cadre du programme turbo-alternateur d'EPRI et réunion TGUG été 2008

Le Programme EPRI turbo-alternateur (TG/Turbo-Generator) tiendra son cinquième atelier pour le transfert de technologies et une réunion d'été pour le Groupe des utilisateurs de turbo-alternateurs (TGUG/Turbine-Generator Users Group) la semaine du 11 août 2008, à Concord en Caroline du nord (près de Charlotte, Caroline du nord), au centre d'Embassy Suites Convention Center.

L'atelier se tiendra le lundi et le mardi avec trois voies en parallèle. La Voie n°1 figurera des présentations sur « Steam Turbine Design 101 » (Conceptions de turbines à vapeur - bases), « Steam Turbine Performance 101 » (Performance de turbines à vapeurs - bases) , « Steam Turbine Chemistry 101 » (Chimie des turbines à vapeur - bases), « Turbine Water Induction 101 » (Induction d'eau des turbines à vapeur - bases), et « Turbine Life Cycle Management/Remaining Life 101 » (Gestion du cycle de vie/restant de vie de turbines à vapeur - bases). La Voie n°2 consiste en une conférence sur Generator Predictive Maintenance (Maintenance préventive du générateur), Generator Stator Winding High-Potential Testing (Essais à tension élevée de l'enroulement du stator du générateur) et Generator DC High-Potential Ramp Testing (Essais progressifs à tension élevée du courant continu du générateur). La Voie n°3 montrera des présentations sur les rapports nouvellement diffusés *Steam Turbine Bolting Maintenance Guide (Guide de maintenance pour le boulonnage de turbines à vapeur)* (1013341), *Shutdown Protection of Steam Turbines Using Dehumidified Air (Protection à l'arrêt des turbines à vapeur par utilisation d'air sec)* (1014195), *Steam Turbine Blade Failure Root Cause Analysis Guide (Guide pour l'analyse des causes fondamentales des pannes d'aubes de turbines à vapeur)* (1014137), *Inspection and Damage Assessment of Turbine Casing Cracks (Inspection et évaluation des dommages liés aux fissurations du corps des turbines)*(1014138), et *PM Basis Overview and Improved Steam Path Design Primer Guide (Guide de notions fondamentales pour un aperçu de base sur la maintenance préventive et l'amélioration de la conception du parcours de la vapeur)*(1014141).

La réunion TGUG comprendra des présentations par General Electric, Siemens, Toshiba, Hitachi, Mitsubishi, et Alstom, de même que des présentations sur des sujets tels que la modernisation des commandes électrohydrauliques, le programme de contrôle en circuit de Detroit Edison, et une vue d'ensemble du programme turbo-alternateur d'Electrobrás Termonuclear. Le jeudi après-midi, le groupe visitera les installations de Pioneer Bearing Motor Company qui tiendra un dîner au Lowe's Motor Speedway.

Tous les détails de la réunion se trouvent sur le site web d'EPRI à l'adresse suivante : http://guest.cvent.com/EVENTS/info/summary.aspx?e=9fe89618-724b-4828-8cb5-d28d0bffaaac.

*Pour plus de renseignements sur l'atelier ou la réunion TGUG à venir, contacter Alan Grunsky, 704.595.2056, agrunsky@epri.com.*

# Revues d'experts sur l'amélioration de la productivité 2008

L'accès au site web sur les Revues d'experts sur l'amélioration de la productivité (PIER/Productivity Improvement Expert Reviews) pour l'année 2008 est limité aux entreprises participant à ce projet. EPRI, son personnel technique, et ses experts consultants ont développé ce site web pour fournir des informations évaluées d'un œil critique, et ayant un impact direct sur l'amélioration de la disponibilité, l'efficacité, et la profitabilité des centrales thermiques classiques.

Au cours de ces 10 dernières années, ce site est devenu une ressource indispensable pour les entreprises de production d'énergie grâce à sa récapitulation de programmes qui ont connu la réussite et qui ont déjà démontré leur valeur pour d'autres groupes opérationnels. Des centaines d'études de cas étroitement évalués sont documentés dans les pages du site, permettant à d'autres de reproduire ces réussites. Par ailleurs, le site suit de près les nouvelles idées originales qui sont très proches de l'utilisation générale d'une centrale électrique. Ces sujets dignes de mention alertent les lecteurs sur les technologies en passe d'être mises en application commerciale.

Lorsque nous faisons l'évaluation et la discussion critique de ces nouvelles tendances, nous regardons vers le passé plutôt que vers l'avenir. Cette approche était à la base de ce qui est devenu le *Productivity Improvement Handbook (Manuel pour l'amélioration de la productivité)* d'EPRI. Tous les exemplaires imprimés des trois premières éditions du *Productivity Improvement Handbook for Fossil Steam Power Plants (Manuel pour l'amélioration de la productivité des centrales thermiques à vapeur)* d'EPRI (TR-11217, TR-114910, et 1006315) ont été rapidement épuisés. Le contenu de la troisième édition est accessible instantanément sur ce site.

En plus du site web, les rapports annuels récapitulatifs reliés de *Productivity Improvement Case Studies (Études de cas pour l'amélioration de la productivité)* sont disponibles et se retrouvent maintenant dans des centrales électriques en exploitation où ils servent d'aide-mémoires au personnel. Tous les ans, les membres du groupe PIER ont la possibilité de demander que des exemplaires de ces rapports récapitulatifs soient disséminés dans toutes leurs centrales électriques en exploitation et ils trouvent que les versions papier forment un complément utile aux versions sur le web.

*Pour plus de renseignements, veuillez contacter Tony Armor, EPRI Palo Alto, 650.855.2961.*

# Amélioration du risque financier associé à un parc de turbo-alternateurs vieillissants

L'existence de problèmes économiques mène souvent la direction d'une centrale électrique à ne pas tenir compte de problèmes techniques d'ordre primordial, soit parce que la direction ne saisit pas l'importance de ces derniers, soit parce que l'analyse de rentabilité n'a pas été présentée de façon convaincante. L'objectif de ce projet consiste à rassembler du matériel écrit et en images pour une présentation de diapositives destinée à des membres de la direction (tels que le directeur d'une centrale thermique ou nucléaire, ou le vice président pour la production d'énergie). Le matériel, qui sera disponible au plus tard le 31 décembre 2008, devrait aider à l'éducation de la direction de compagnies d'électricité sur les risques et les conséquences économiques ou financières de prises de décisions se rapportant à l'exploitation et à la maintenance de leurs turbines et générateurs. L'effet escompté serait que la direction tienne compte des problèmes techniques des turbines et générateurs lorsqu'elle prendra des décisions d'ordre économique.

*Pour plus de renseignements, veuillez contacter Jan Stein, 650.855.2390, jstein@epri.com.*

# Guide pour l'évaluation de l'état de l'actionneur de la vanne de la turbine à vapeur

Au début de l'année 2008, le travail a été entamé pour préparer un guide sur les actionneurs qui viendra en complément du rapport d'EPRI *Guidelines and Procedures for Turbine Valve Condition Assessments (Directives et procédures pour l'évaluation des conditions des vannes de turbine)* (1010211) publié en 2005. Le nouveau rapport contiendra des instructions détaillées pour l'inspection des composants de vannes, des critères d'évaluation pendant le démontage, et des spécifications pour assurer le jeu approprié pendant le réassemblage des pièces. Le rapport *Turbine Valve Actuator Condition Assessment (Évaluation de la condition d'un actionneur de vanne de turbine)*couvrira les actionneurs hydrauliques pour les vannes de turbines considérées dans le rapport *Guidelines and Procedures for Turbine Valve Condition Assessments.*

Les applications suivantes des vannes de turbines à vapeur seront discutées dans le rapport :

- Vannes General Electric (GE) pour centrales thermiques classiques : Vannes de contrôle, d'arrêt principal, d'arrêt de surchauffe, et d'interception
- Vannes GE pour centrales nucléaires : Vannes de contrôle, d'arrêt principal, d'arrêt de surchauffe, et d'interception
- Vannes Siemens Westinghouse pour centrales thermiques classiques : étrangleurs, soupapes de régulateurs, vannes d'interception et d'arrêt de surchauffe
- Vannes Siemens Westinghouse pour centrales nucléaires : soupapes de régulateurs et étrangleurs

Un groupe consultatif technique (TAG/Technical Advisory Group) constitué de représentants des centrales nucléaires et thermiques classiques a été formé. Les membres du TAG sont les suivants:

- Bob Bjune, South Texas Project
- Tony Khalid, Exelon/Corporate
- Tom Kordick, Ameren/Corporate
- Mark Miller, Duke Energy/Catawba
- Jim Olson, Tennessee Valley Authority, Corporate
- Charlie Seitz, Exelon/Three Mile Island

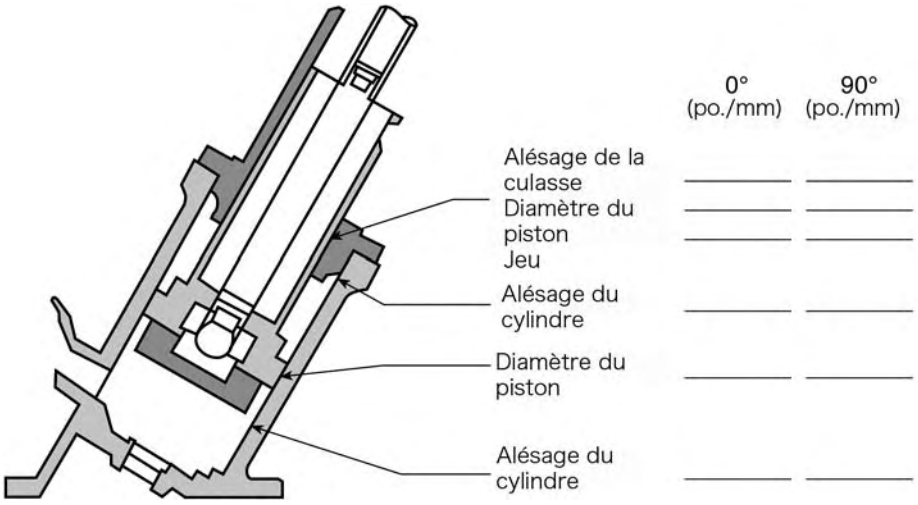
Des fournisseurs et des fabricants pourront être ajoutés au groupe. Le TAG révisera le rapport et fournira des commentaires.

Nous prévoyons d'inclure les sections suivantes dans le rapport technique :

1. **Introduction.** L'introduction comprendra le contexte, l'approche et une explication de l'organisation du rapport.
2. **Lexique.** Le lexique établira la liste de la nomenclature, des acronymes et des définitions utilisés dans le rapport.
3. **Description technique.** Il est prévu que cette section contienne une description générale des systèmes de commandes mécaniques/hydrauliques et électrohydrauliques de turbines, avec une insistance plus particulière sur la fonction de l'actionneur hydraulique des vannes de turbines à vapeur. Les éléments constituant le vérin hydraulique et l'assemblage de l'actionneur pour les vannes de turbines seront expliqués.
4. **Inspection.** Il est prévu que cette section contienne les critères d'inspection pour les actionneurs de turbines GE et Siemens Westinghouse. Des exemplaires de fiches techniques pour l'enregistrement des mesures et des conditions de mesures devraient être incluses, de même que les critères pour l'inspection des actionneurs.
5. **Maintenance.** La section relative à la maintenance contiendra probablement les tâches préventives et correctives de maintenance pour les actionneurs de turbines GE et Siemens Westinghouse. Devraient être incluses également les procédures appropriées pour le démontage, la réparation, et le réassemblage des actionneurs. Cette section contiendra vraisemblablement aussi la liste de tout outil spécialisé et toute considération de sécurité pouvant être nécessaire pour effectuer le travail sur des actionneurs.

L'élaboration de ce rapport a débuté en avril 2008, et une conférence téléphonique avec les membres du TAG s'est tenue le 15 mai 2008. Un sondage a été envoyé en juin 2008. La révision de la version préliminaire est prévue pour juillet 2008, avec le bouclage du projet prévu pour la fin de cette année.

*Pour plus d'informations, veuillez contacter Sharon Parker, 704.595.2164, sparker@epri.com.*




Exemple d'un tableau de dimensions pour vérin hydraulique de vanne de turbine

# Guides métallurgiques pour les vannes des groupes de turbines américains et internationaux

Le rapport d'EPRI *Guidelines and Procedures for Turbine Valve Condition Assessments (Directives et procédures pour l'évaluation des conditions des vannes de turbines)*(1010211) a été publié en 2005. Les guides métallurgiques des vannes américaines et internationales (en cours de développement) seront en complément du rapport 1010211 et incluront des matières alternatives utilisées sur les vannes des turbines à vapeur. Les centrales thermiques de la Tennessee Valley Authority (TVA) ont obtenu des résultats positifs en utilisant des matières différentes pour leurs composants de vannes et cette information pourrait être incluse dans le rapport.

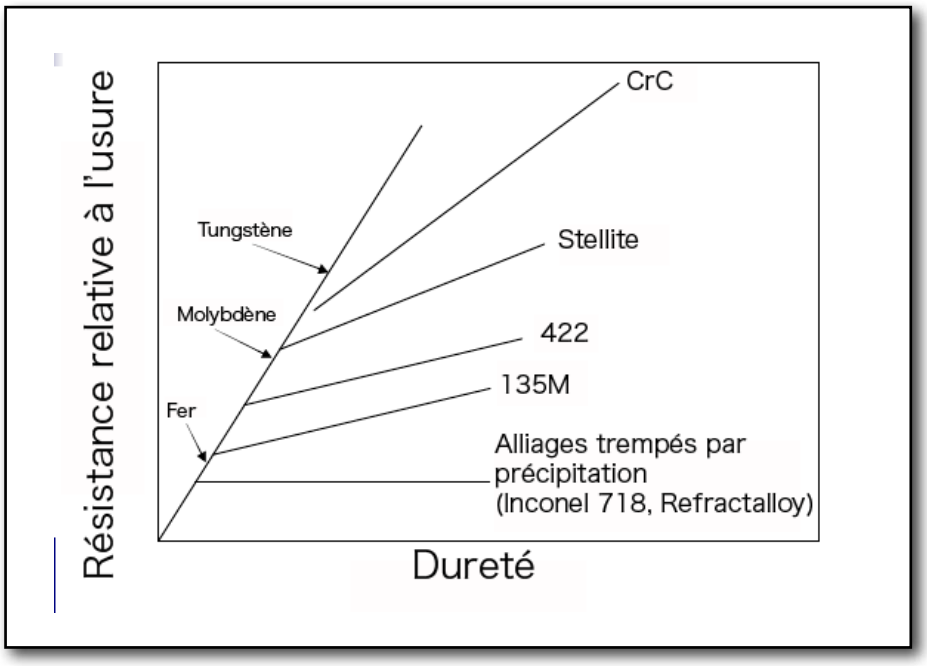
Un autre projet de vannes pour turbines à vapeur en préparation par le Programme EPRI Fossil Materials and Repair Program (P87) avait pour but de traiter l'aspect métallurgique des matières utilisées pour les vannes de turbine. Ce projet faisait partie d'un effort de plus grande envergure devant couvrir les données métallurgiques relatives aux vannes de turbines à vapeur, corps de turbines, aubes, et composants fixes, le tout pour les membres américains et internationaux.

Il a été décidé qu'un seul rapport exhaustif serait élaboré qui couvrirait les aspects métallurgiques des composants de vannes de turbines à vapeur y compris l'utilisation de matières alternatives pour les membres américains et qu'un rapport différent serait préparé pour les membres internationaux. Ces rapports seront financés par les membres des programmes EPRI 65/NSTI et 87.

Les vannes des turbines à vapeur utilisées aux États-Unis sont celles fabriquées par General Electric et Siemens Westinghouse et celles-ci sont utilisées dans des centrales thermiques classiques et nucléaires. Les entreprises internationales qui fabriquent des turbines comprennent Alstom, Hitachi, Mitsubishi, Toshiba, Siemens, et Allis Chalmers.

Les vannes des turbines incluses dans les rapports sont les suivantes :

- Arrêt principal/régulateur
- Commande/étrangleur
- Arrêt de surchauffe




Résistance à l'usure par rapport à la dureté des matières des vannes de turbine (avec l'aimable l'autorisation de TVA)

- Vannes d'interception/vannes combinées surchauffe-interception

Les composants des soupapes de vapeur devant être couverts dans les rapports sont les suivants :

- Manchons
- Disques de soupapes principales et de dérivation
- Têtes de joints d'étanchéité
- Sièges de soupapes
- Tiges de soupapes

Les questions d'ordre métallurgique devant être couvertes pour chacun des composants sont les suivantes :

- Les alliages utilisés par différents fabricants, y compris des matières alternatives
- Composition chimique
- Propriétés physiques
- Propriétés mécaniques : limite d'élasticité, résistance à la traction, dureté, apparition de fractures, température de transition, et rupture par fluage
- Métallurgie : microstructure, traitement thermique, et revêtements
- Mécanismes d'endommagement
- Évaluation de la durée de vie
- Réparations : soudage, revêtements, et traitement thermique

Il faudra effectuer des recherches approfondies sur les matières utilisées pour les composants de vannes et soupapes aux États-Unis et à l'échelle internationale. Un sondage portant sur les matières de vannes et soupapes sera envoyé aux centrales thermiques et nucléaires, aux fabricants et aux fournisseurs de pièces pour vannes et soupapes.

Nous prévoyons d'inclure les sections suivantes dans le rapport :

1. **Introduction :** contexte, aperçu du contenu du rapport, lexique, normes métallurgiques, dessins génériques des

*suite à la page 20*

## Ajouts à la base de données pour la maintenance préventive des turbo-alternateurs

La base de données sur les fondements de la maintenance préventive (PMBD/Preventive Maintenance Basis Database) constitue une référence indispensable pour le personnel responsable de la maintenance des compagnies d'électricité lors de l'élaboration de la stratégie de maintenance sur les composants principaux majeurs. Le logiciel PMBD version 2.0 (1014971) représente l'effort le plus exhaustif à l'heure actuelle pour établir des recommandations de maintenance préventive (PM/Preventive Maintenance) crédibles et les raisons pour lesquelles elles sont faites. Les fonctions intégrées au logiciel permettent d'effectuer des analyses approfondies dans de nombreux domaines liées aux équipements et de gérer les tâches de maintenance préventive.

Les nouveaux composants suivants de turbo-alternateurs ont été ajoutés à la PMBD :

| Nom du composant | Date d'ajout | N° de Révision |
|---|---|---|
| Circuit des boîtes étanches de la turbine principale avec désurchauffeur | 7/1/2008 | 0 |
| Circuit des boîtes étanches de la turbine principale sans désurchauffeur | 7/1/2008 | 0 |
| Moteur et pompe de graissage auxiliaire de démarrage en courant alternatif pour l'huile de lubrification de la turbine principale | 7/1/2008 | 0 |
| Moteur et pompe aspirante pour huile de lubrification de la turbine principale | 7/1/2008 | 0 |
| Réservoir d'huile de lubrification de la turbine principale avec pompe de surpression | 7/1/2008 | 0 |
| Réservoir d'huile de lubrification de la turbine principale avec éjecteurs | 7/1/2008 | 0 |

La version 2.0 du logiciel PMBD est disponible et peut être commandée par l'intermédiaire du Centre d'assistance à la clientèle d'EPRI, au 1.800.313.3774 ou 650.855.2121 ou askepri@epri.com.

*Pour plus d'informations, contacter Tiffani Teachey au 704.595.2247, tteachey@epri.com.*

## Évaluation du fluide utilisé dans les systèmes de commandes électro-hydrauliques

Des fluides hydrauliques résistant au feu ont été proposés à l'utilisation dans les systèmes de commandes électrohydrauliques (EHC/electrohydraulic control systems) de turbines de centrales électriques. Des produits basés sur des esters polyol (POEs/polyol esters) (fluides Quintolubric®) et polyalkylènes glycols (EcoSafe®) ont été proposés en tant que matières alternatives. Selon certains fabricants, parmi les avantages de ces fluides de rechange, on compte des coûts réduits pour les fluides et leur élimination, une meilleure performance du système, et une réduction des désavantages en matière de santé, de sécurité et de préservation de l'environnement. Afin de pouvoir prendre des décisions objectives et en connaissance de cause, du personnel de compagnies d'électricités travaille conjointement avec EPRI pour effectuer une évaluation comparative de ces produits de rechange avec les fluides d'ester-phosphorique plus largement utilisés.

Les fluides devant être évalués comprennent EcoSafe EHC (polyalkyleneglycol), Quintolubric (POEs), Griflube Biosyn® (un ester végétal), Fyrquel® EHC (un ester phosphorique), et Reolube® Turbofluid 46XC (un ester phosphorique).

Les participants du groupe consultatif technique ont donné la permission à EPRI pour commencer les essais dès que possible. Le laboratoire sélectionné pour travail est le Health and Safety Laboratory en Grande Bretagne. Les essais suivants sont en voie d'être coordonnés avec le laboratoire et les dates ciblées pour les essais tombent aux mois de juillet et août 2008 :

- Essai d'inflammation par jet pulvérisé (International Organization for Standardization [ISO] Draft International Standard [DIS] 15029-2)
- Inflammation sur métal chaud (ISO 20823)
- Essai de résistance sur cube trempé
- persistance de flamme sur mèche trempée (ISO 14935)

*Pour plus de renseignements sur cette activité, contacter Jim Sharkey, 704.595.2057, jsharkey@epri.com.*

# Guide de maintenance pour le boulonnage des turbines à vapeur

En 2006, le travail a été entamé pour établir un guide pour la maintenance et la métallurgie du boulonnage de turbines à vapeur.

Des membres du Programme de turbo-alternateurs ont exprimé des inquiétudes grandissantes concernant le boulonnage à haute-température dans l'industrie des centrales électriques. Les turbines à vapeurs vieillissant, le remplacement du boulonnage soumis à des conditions de haute-température s'est déjà produit et va continuer de se produire tandis que le nombre de cycles thermiques subis par le boulonnage continue d'augmenter. Il est important de connaître la condition existante du boulonnage et d'anticiper le remplacement de celui-ci lorsqu'il ne satisfait plus aux critères établis pour une continuation de service.

Les joints de turbines ont normalement été conçus pour être démontés lors de révisions effectuées après 30 000 heures de fonctionnement, il s'agit d'intervalles fixes et il n'y a pas de resserrage entre deux périodes de révision. Il est présupposé que les joints sont ensuite réassemblés en utilisant les mêmes boulons, et qu'il peut se produire jusqu'à six resserrages pendant la durée de vie d'une turbine. L'atténuation du fluage d'un boulon qui est ainsi réutilisé doit continuer de satisfaire aux exigences de sorte que la tension résiduelle appliquée au boulon ne provoque pas une charge appliquée sur la bride qui soit inférieure à la pression de la vapeur.

Il est concevable que la propriété la plus importante dans le cas de boulons soumis à des conditions de haute-température soit la force de relaxation en contrainte de la matière constituant le boulon. La force de relaxation est généralement calculée comme étant la relaxation des contraintes après un temps donné, essentiellement de 10 000 à 30 000 heures, en fonction d'un niveau initial de déformation de 0,2%. Ceci est montré en Figure 1.

Dans la réalité, un joint peut subir bien plus que six resserrages si la source pour les périodes de fonctionnement est bien inférieure à 30 000 heures.

Afin de traiter la relaxation et bien d'autres situations liées au boulonnage de turbo-alternateurs, ce nouveau document *Steam Turbine Bolting Maintenance Guide (Guide de maintenance pour le boulonnage de turbines à vapeur)* (1016958) contient les informations suivantes :

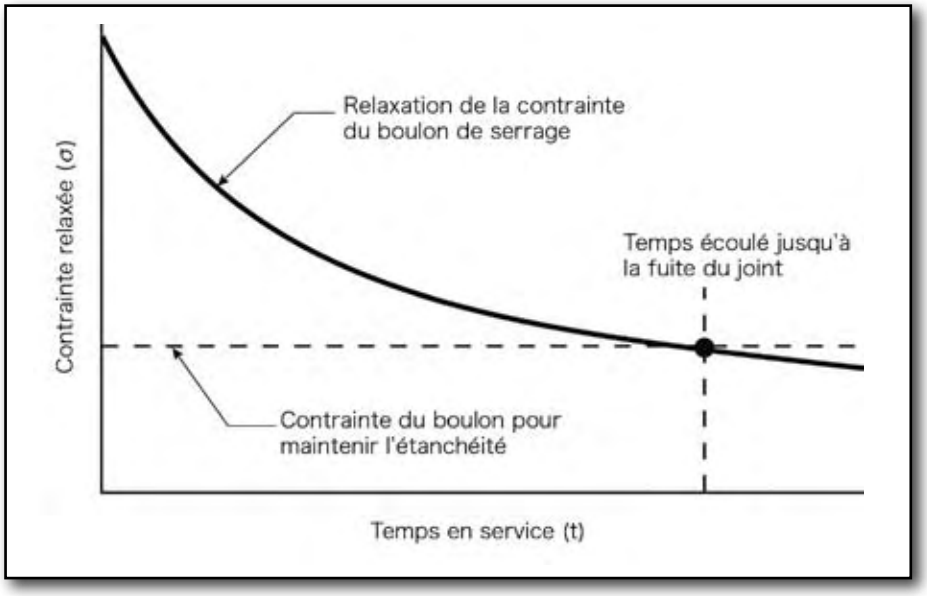



Figure 1. Relaxation de la contrainte

1. **Introduction.** Cette section traite du contexte et de la structure du rapport avec quelques remarques de sommaire.
2. **Lexique.** Il y a 38 pages de termes avec leurs définitions.
3. **Description technique.** Cette section contient des informations générales sur la conception, les méthodes de resserrage de boulons et les questions de sécurité.
4. **Outillage et procédures.** Cette section décrit l'outillage, les procédures de démontage, les procédures d'inspection, les procédures de montage et les procédures de montage en phase de serrage.
5. **Instances de défaillance.** Cette section recouvre les défaillances dues au filetage mâle, au faussement du pas de vis, et à d'autres facteurs ; les mécanismes d'endommagement ; et 12 études de cas de défaillances.
6. **Sélection des matières.** Cette section contient des informations métallurgiques pour les aciers ferritiques chrome molybdène, les aciers 12% chrome martensitiques, les aciers durcissables par vieillissement, l'alliage ASTM International A286, les alliages à base de nickel, et les matières Refractalloy 26.
7. **Inspection, évaluation et planification de la maintenance.** Cette section traite des recommandations des fabricants, une approche pour évaluer la durée de vie, des approches pour assister à la sélection des attaches lors du contrôle destructif, les inspections, et les démarches à suivre en cas de découverte d'une attache fissurée.
8. **Annexes.** Les annexes contiennent des informations sur les boulons d'accouplement d'arbres, une procédure de maintenance pour le serrage, une procédure de maintenance pour le retrait de boulons ou de goujons cassés ou grippés, des abrégés métallurgiques, un sommaire de bulletins 12 boulon donné, l'examen ultrasonique des goujons et des boulons à partir de la surface d'alésage, l'examen

*suite à la page 20*

# Regardant vers l'avenir : Programme 65 et NSTI

Les projets entrepris par le Programme 65 (Turbo-alternateurs vapeurs et Balance-of-Plant) et l'Initiative pour les turbines vapeurs nucléaires (NSTI/Nuclear Steam Turbine Initiative) résultent de contributions de leurs conseil consultatifs respectifs. Outre leur rôle dans la planification pour l'avenir immédiat, les conseils consultatifs dirigent également le développement du programme pour les années suivantes. Veuillez trouver ci-dessous une liste de projets proposés, devant être remis en 2009-2010 par le Programme 65 et NSTI.

**Projets prévus pour 2009-2010 par le Programme 65 et NTSI**

| Titre du rapport ou activité | Année de livraison | Directeur de Projet |
|---|---|---|
| 11ème Atelier turbo-alternateur vapeur et foire exposition | 2009 | Paul Zayicek |
| Démonstration de nettoyage au laser des composants sur le parcours de vapeur | 2009 | Sharon Parker |
| Développement de code intégré par EPRI pour la prévision de la durée de vie après fissuration par corrosion sous contrainte et dommages dus à la fatigue par corrosion | 2009 | |
| Contrôle, étude et démonstration de fluides de systèmes de commandes électrohydrauliques FC3 | 2009 | Jim Sharkey |
| Échantillons de référence pour le détecteur de fatigue | 2009 | Paul Zayicek |
| Analyse de la trajectoire pour les turbines à vapeur - module formation assistée par ordinateur (CBT Module) | 2009 | Gary Golden |
| Nettoyage à la mousse des parties internes de valves et soupapes pour retirer les accumulations d'oxydes | 2009 | Sharon Parker |
| Implantations de fissures dans des simulateurs de fixation d'aubes | 2009 | Paul Zayicek |
| Logiciel de critères d'inspection des rotors de générateurs sujets à des courants anormaux de séquence négative | 2009 | Jan Stein |
| Mise à jour au guide métallurgique pour rotors et disques de turbines version internationale | 2009 | John Shingledecker |
| Guide sur la métallurgie des vannes d'origine internationale | 2009 | Sharon Parker |
| Mesures d'atténuation pendant des évènements majeurs affectant les turbo-alternateurs | 2009 | Gary Golden |
| Méthodes non intrusives pour valider les normes NERC | 2009 | Jan Stein |
| Effet des dépôts de vapeur sur le fonctionnement thermique | 2009 | Gary Golden |
| Guides de maintenance du système auxiliaire du turbo-alternateur, tome 5 | 2009 | Alan Grunsky |
| Contrôle de vibration des aubes | 2009–2010 | Paul Zayicek |
| Directives pour la réduction des temps et coûts et des révisions de maintenance des turbo-alternateurs | 2009–2010 | Alan Grunsky |
| Évaluation de la condition des vannes de turbines d'origine internationale | 2009–2010 | Sharon Parker |
| Durée de vie du rebord de disque de turbine à basse pression - module CBT | 2009–2010 | |
| Logiciel pour la durée de vie du rebord de disque de turbine à basse pression | 2009–2010 | Paul Zayicek |
| Gestion de la maintenance des composants électroniques | 2009–2010 | Sharon Parker |
| SAFER-PC | 2009–2010 | Paul Zayicek |
| SAFER-PC Module CBT | 2009–2010 | Paul Zayicek |
| Ajouts à la base de données pour la maintenance préventive des turbo-alternateurs | 2009–2010 | Tiffani Teachey |
| Évaluation de la condition de l'actionneur de turbine dans le cas de vannes à vapeur d'origine internationale | 2009–2010 | Sharon Parker |
| Intégration d'appareils de mesure en circuit pour générateurs | 2010 | Jan Stein |
| Sixième atelier pour le transfert de la technologie | 2010 | Paul Zayicek |

# Atelier sur la fissuration par corrosion sous contrainte et fatigue par corrosion

EPRI tiendra un atelier sur la fissuration par corrosion sous tension (SCC/Stress corrosion cracking) et fatigue par corrosion (CF/Corrosion fatigue) du 1er au 3 octobre 2008 au Gaylord Opryland Hotel à Nashville Tenessee. Cet atelier, qui se concentrera sur les stratégies d'atténuation, englobera les expériences passées ainsi que celles en SCC/CF qui affectent les centrales actuellement. Les questions liées à la durée de vie du rebord de disque de turbine à basse pression et le logiciel EPRI associé, seront également traitées. Il y aura une table ronde pour discuter des problèmes qui auront été évoqués par les participants; ceux-ci devraient faire parvenir leurs sujets de discussion pour la table ronde par courriel avant la tenue de l'atelier afin de simplifier le processus d'établissement de l'ordre du jour de la table ronde et de laisser plus de temps à la discussion. Des points supplémentaires pourront être ajoutés à l'ordre du jour au fur et à mesure que les résumés seront reçus.

*Toute correspondance technique concernant cet atelier doit parvenir à Gary Golden, ggolden@epri.com.*

# Réunion et atelier TGUG en Europe 2009

Le group d'utilisateurs de turbo-alternateurs d'EPRI (TGUG/Turbine Generator User Group) est en phase de préparation pour organiser un atelier et un salon fournisseurs pour les compagnies européennes à Madrid, en Espagne du 8 au 12 juin 2009. L'hôtel n'a pas encore été choisi. Des représentants de centrales thermiques et nucléaires, qu'ils soient membres on non d'EPRI, sont encouragés à participer, et les membres TGUG des États-Unis/Amérique du nord seront également invités. Des mises à jour seront disponibles une fois les détails finalisés.

*Pour plus de renseignements, veuillez contacter Alan Grunsky, agrunsky@epri.com.*

# Atelier 2008 pour les turbines de pompes d'alimentation de chaudières et de réacteurs (B/RFPT/Boiler and Reactor Feed Pump Turbine)

Le Programme 65 et NSTI tiendront un atelier B/RFPT pendant 2 jours et demi les 18, 19 et 20 novembre au Nashville Marriott Hôtel à Vanderbilt University.

Les participants devraient être des ingénieurs de turbines, des ingénieurs système, le personnel d'approvisionnement et de programmation de la maintenance et ceux dont les activités se rapportent aux turbines-pompes d'alimentation de chaudières ou de réacteurs.

Cet atelier est destiné aux industries des centrales thermiques et nucléaires et traitera des préoccupations grandissantes de cette industrie concernant les B/RFPT . Les sujets traités se composeront : Vannes et commandes, modernisation des commandes, fin de vie des rotors et cylindres, achat et remplacement, exploitation et fermeture temporaire, effets des améliorations du circuit de vapeur, accouplements (conceptions diverses, capacités et processus d'alignement), systèmes auxiliaires (huile de lubrification, joints d'étanchéité pour la vapeur, etc.) TSI, équilibrage, revêtements, et enfin, une discussion sur les générateurs et les enseignements tirés des expériences de maintenance.

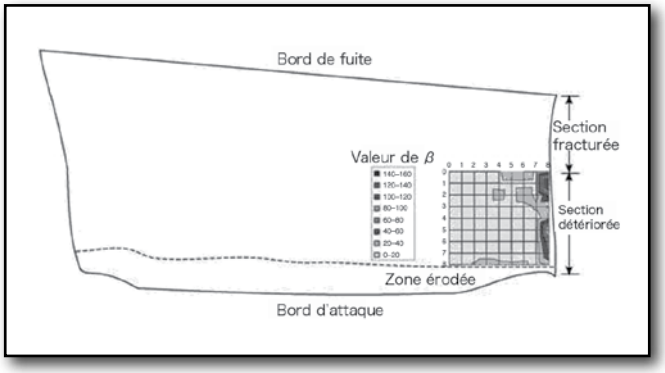
Venez discuter avec d'autres participants de vos expériences personnelles concernant les sujets ci-dessus mentionnés. Cette activité se passera au cours d'une période de discussion de table ronde pendant la tenue de l'atelier.

*Afin de participer comme présentateur, contacter Gary Golden, 865.218.8111, ggolden@epri.com.*

# Projets de turbo-alternateurs supplémentaires

## Démonstration de la technologie de détecteurs de fatigue pour les aubes de turbines à vapeur

Les pannes non programmées liées aux turbines à vapeur sont communément attribuables à une défaillance des aubes. Les dommages associés à une défaillance des grandes aubes de turbines à basse pression peuvent être étendus et coûteux. Il existe de nombreuses méthodes et technologies d'inspection non destructives pour la détection d'une fissuration qui s'est déjà produite. Toutefois, les techniques




Mesure expérimentale d'une section détériorée d'aube de turbine

habituelles d'inspections non destructives ne sont pas capables de prévoir la fissuration avant que celle-ci ne se produise. La technologie associée à la détection de la fatigue a été qualitativement démontrée pour identifier l'accumulation des dommages causés par la fatigue. Ce projet EPRI supplémentaire apporte un étalonnage quantitatif de cette technologie en utilisant des échantillons d'essais de fatigue constitués de la matière Jethete. Cet étalonnage permettra de donner une valeur quantitative détaillée aux mesures des dommages dus à la fatigue de même que l'incertitude liée à cette technologie. Cet étalonnage quantitatif constituera une base importante pour l'interprétation des résultats d'essais sur le terrain effectués sur les aubes de turbines. Des échantillons de fatigue uniaxes et en flexion ont été assujettis à des essais interrompus et des mesures périodiques au moyen de détecteurs de fatigue afin de développer des paramètres β pour la détermination des dommages accumulés dus à la fatigue.

*Pour plus de renseignements sur cette activité, veuillez contacter Paul Zayicek, 704.595.2154, pzayicek@epri.com.*

## Détection de fissurations de la rainure de clavette de l'arbre sous l'accouplement des rotors de générateurs de General Electric Co.

La fissuration de la rainure de clavette de l'arbre a été observée dans deux générateurs nucléaires tétrapolaires. La fissuration a commencé sur le côté intérieur de la rainure de clavette de l'arbre en raison de fatigue par usure de contact. La fissuration résultante s'est propagée vers la zone du tourillon, apparemment due à une charge en torsion, au vu de l'orientation de la fissure. Au départ, le fabricant des équipements d'origine (OEM) ne possédait pas de technique d'inspection non destructive pour détecter la fissuration de la rainure de clavette de l'arbre sous l'accouplement. L'OEM a suggéré l'utilisation d'un liquide pénétrant et une inspection visuelle de la zone de l'arbre adjacente à la rainure de clavette pour détecter les fissures, une fois leur propagation effectuée du dessous de l'accouplement. L'inconvénient de cette approche est le fait que la fissuration est identifiée tardivement dans le processus d'endommagement, ce qui force la compagnie d'électricité à gérer un scénario de réparation d'urgence. Si la fissuration pouvait être détectée dès les premières phases de sa propagation, les compagnies d'électricité auraient la possibilité de se remettre en service, de contrôler la croissance de ces fissures, et de pouvoir prévoir et se préparer de façon efficace pour un arrêt de réparation ultérieure.

Fissuration de torsion dans la rainure de clavette de l'arbre du rotor d'un générateur nucléaire tétrapolaire

Le projet supplémentaire d'EPRI « Detection of Shaft Keyway Cracking Under the Coupling on General Electric Co. Generator Rotors » comprend le développement d'une technique d'inspection ultrasonique de faisceau à rayonnement transversal pour la détection de la fissuration dans la zone de rainure de clavette de l'arbre du rotor de générateur sous l'accouplement qui a été posé à chaud. Cette technique peut être utilisée sans démonter l'accouplement, permettant ainsi une inspection opportune ayant un impact mi-

*suite à la page 20*

## Projets de turbo-alternateurs supplémentaires

*suite de la page 19*

nime sur la disponibilité du groupe. La technologie de faisceau à rayonnement transversal permet de diriger l'énergie ultrasonique en synchronisant les éléments individuels de la sonde. Grâce à ceci, il est possible d'inspecter la partie intérieure de la rainure de clavette de l'arbre en menant l'inspection à partir de la surface accessible de l'arbre adjacente au côté intérieur de la rainure de clavette de l'arbre. Des modèles mathématiques de ce type d'inspection utilisant la technologie EPRI démontrent que cette approche est viable. Les modèles seront vérifiés grâce à un simulateur à pleine échelle utilisant un certain nombre de cibles fabriquées. Les capacités de détection des défauts et les capacités de calibrage de cette nouvelle technique seront également évaluées sur le simulateur. Des segments de rotor de générateur hors service seront utilisés pour le simulateur à pleine échelle.

*Pour plus de renseignements sur cette activité, veuillez contacter Paul Zayicek, 704.595.2154, pzayicek@epri.com.*

## Guides métallurgiques de vannes pour groupes de turbines américains et internationaux

*suite de la page 14*

2. **Matières des manchons de vannes :** alliages standard (y compris matières alternatives), composition chimique, propriétés physiques, propriétés mécaniques, métallurgie, mécanismes d'endommagement, évaluation de la durée de vie, réparations
3. **Matières pour disques de soupapes principales et de dérivation :** alliages standard (y compris matières alternatives), composition chimique, propriétés physiques, propriétés mécaniques, métallurgie, mécanismes d'endommagement, évaluation de la durée de vie, réparations
4. **Matières pour sièges de vannes :**alliages standard (y compris matières alternatives), composition chimique, propriétés physiques, propriétés mécaniques, métallurgie, mécanismes d'endommagement, évaluation de la durée de vie, réparations
5. **Matières pour tiges de vannes :** alliages standard (y compris matières alternatives), composition chimique, propriétés physiques, propriétés mécaniques, métallurgie, mécanismes d'endommagement, évaluation de la durée de vie, réparations
6. **Matières pour têtes de joints d'étanchéité :** alliages standard (y compris matières alternatives), composition chimique, propriétés physiques, propriétés mécaniques, métallurgie, mécanismes d'endommagement, évaluation de la durée de vie, réparations
7. **Références**
8. **Annexes**

Le travail sur ce rapport a commencé en avril 2008, avec une version préliminaire prévue en octobre 2008. Le rapport final sur les vannes aux États-Unis devrait être achevé au premier trimestre 2009.

Des fournisseurs ont été sollicités pour l'élaboration du rapport destiné aux entreprises internationales. Le rapport destiné aux entreprises internationales devrait être achevé à la fin de l'année 2009.

*Pour plus d'informations, veuillez contacter Sharon Parker, 704.595.2164, sparker@epri.com.*

## Guide de maintenance pour le boulonnage des turbines à vapeur

*suite de la page 16*

et boulons de la surface d'alésage, l'examen ultrasonique des goujons et boulons de la surface finie, ressources, questionnaire adressé aux centrales, des informations sur le boulonnage des vannes de turbines, et des directives pour l'approvisionnement de boulonnage.

Le rapport est devenu disponible sur le site web d'EPRI le 31 décembre 2007, et des rapports version papier ont été envoyés aux membres en mars 2008. Suite à la publication du rapport, une spécification pour un appel d'offres pour l'achat de boulonnage a été développée et ajoutée au rapport EPRI *Guidelines for Reducing the Time and Cost of Turbine-Generator Maintenance Overhauls and Inspections, Volume 4 (Directives pour la réduction des temps et des coûts et inspections de maintenance de turbo-alternateurs), Tome 4 : Turbine-Generator Component Procurement Specifications (Spécifications pour l'approvisionnement en composants de turbo-alternateurs)* (1016346), publié en mars 2008. Cette spécification pour l'appel d'offres a également été ajoutée à l'Annexe L du *Steam Turbine Bolting Maintenance Guide (Guide de maintenance pour le boulonnage de la turbine à vapeur)*(1013341) pour donner le *Steam Turbine Bolting Maintenance Guide Revision 1 (Guide de maintenance du boulonnage de la turbine à vapeur - révision 1)* (1016958).

*Pour toute question sur le document* Steam Turbine Bolting Maintenance Guide Revision 1, *contacter Tom Alley, 704.595.2066, calley@epri.com.*

# Démonstration de la performance d'un examen non destructif de la fixation en retenue axiale d'aubes sur disque

L'estimation de la durée de vie restante d'un rotor et les stratégies de réparation ou de remplacement de rotors qui sont associées à la fissuration des fixations d'aubes sur disque de rotors de turbines à vapeur basse pression (BP) consomme des ressources importantes. Des méthodes ultrasoniques fiables pour la détection de la fissuration par corrosion sous tension dans la zone de fixation d'aubes sur disque de turbines à vapeur sont essentielles au processus de prise de décision quant à l'exploitation/la réparation/le remplacement du rotor. EPRI tiendra une démonstration de la performance d'un examen non destructif de la fixation en retenue axiale d'aubes sur disque pour les fournisseurs qui offrent ce type d'inspection. La démonstration de performance sera basée sur la détection de cibles fabriquées sur deux disques de rotor Westinghouse LP mis hors service présentant une configuration de fixation d'aubes sur disque en retenue axiale. Dans le passé, EPRI a déjà tenu des démonstrations de performance pour la détermination de la taille de défauts et la détection de cibles dans des configurations de fixations d'aubes sur disque avec retenue tangentielle : ces résultats ont été publiés dans le rapport *Phased Array Performance Demonstration for Blade Attachment Inspection* (1011677).

La démonstration de la performance d'un examen non destructif de la fixation en retenue axiale d'aubes sur disque est une continuation naturelle de la démonstration précédente. Le projet est partagé en deux segments. Au cours de l'année 1, nous mettrons en place des simulateurs et un protocole de démonstration, nous inviterons à participer des entreprises commerciales qui fournissent ce type d'inspections, et nous faciliterons l'acquisition des données de ces fournisseurs. Pendant l'année 2, nous analyserons les données des fournisseurs et produirons le rapport final, résumant la méthodologie des essais et les résultats de performance de l'inspection.

Une fixation fissurée d'aube sur disque en retenue axiale

*Pour plus de renseignements sur cette activité, veuillez contacter Paul Zayicek, 704.595.2154, pzayicek@epri.com.*

# Détermination du paramètre β pour des aubes de turbines à 12% Cr utilisant une technologie de détecteur de fatigue

Le projet supplémentaire EPRI pour la « Démonstration de la technologie de détecteurs de fatigue pour les aubes de turbines à vapeur » a exploré une nouvelle technologie pour mesurer de façon non destructive le degré de résistance à la fatigue des aubes de turbines en utilisant des ondes ultrasoniques. L'utilisation de la technologie de détection de la fatigue pour des aubes de turbines en service peut réduire les risques de pannes en service, permettre des mesures du niveau de résistance à la fatigue sans retirer les aubes du rotor et optimiser le remplacement des rangées d'aubes. Le projet supplémentaire d'origine était basé sur les aubes Jethete pour établir les paramètres β pour les utiliser ensuite sur le terrain. Ce projet qui vient en prolongation du travail précédent, déterminera les paramètres β pour la famille d'aubes de turbines à 12% Cr et établira le degré de résistance à la fatigue avec pour objectif une mise en place ultérieure sur le terrain.

*Pour plus de renseignements sur cette activité, veuillez contacter Paul Zayicek, 704.595.2154, pzayicek@epri.com.*

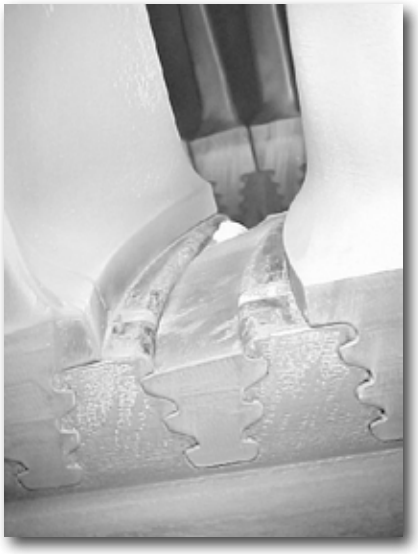
# Guide pour l'inspection des aubes de turbines basse pression

L'inspection périodique des aubes de turbines à basse pression (BP) est essentielle pour une détection précoce de fissurations ou autres dommages qui peuvent nuire à la performance de l'aube ou provoquer des dommages au groupe suite à une défaillance de l'aube. Une inspection complète des aubes de turbines comprend le profil aérodynamique, le talon d'aube, les fils d'attache, et les tenons, selon le type d'aube. De nombreuses techniques d'examen non destructif (NDE/nondestructive examination) sont disponibles pour la détection et le calibrage des défauts d'aubes. Les techniques NDE comprennent des inspections visuelles, ultrasoniques, par particules magnétiques, par courant de Foucault, et par pénétration de liquides. De nouvelles technologies NDE, telles que celle relative à la détection de la fatigue, sont également en cours d'évaluation dans le cadre de cette application.

La géométrie complexe des aubes de turbines BP peut présenter des difficultés lors de l'établissement des stratégies d'inspections ultrasoniques, surtout dans le cas du talon de l'aube. Des logiciels de modélisation disponibles dans le commerce permettent d'évaluer la propagation de l'énergie ultrasonique et la portée de l'inspection, permettant d'améliorer l'efficacité de l'inspection et d'interpréter de façon plus exacte les résultats du procédé.

Le document à produire à partir de ce projet sera un rapport EPRI servant de guide pour l'inspection des aubes de turbines BP.

*Pour plus de renseignements sur cette activité, veuillez contacter Paul Zayicek, 704.595.2154, pzayicek@epri.com.*



Fracture complète du talon d'aube en service

# Optimisation de la mesure par détecteur de fatigue pour les surfaces d'aubes courbes

La technologie de détection de la fatigue est une méthode d'examen non destructif servant à déterminer la durée de vie des composants au risque de fatigue. Les dommages à l'échelle de la microstructure des métaux causés par la fatigue sont généralement liés à une accumulation de types variés de structures de dislocation. Les densités du dipôle de la dislocation augmentent tandis que s'accumule le dommage causé par la fatigue, jusqu'à ce qu'une microfissure apparaisse. La corrélation entre la signature du bruit ultrasonique de bas niveau et le degré de fatigue est basée sur l'analyse spectrographique de l'énergie du bruit provenant de ces dislocations dans le métal. La technologie basée sur la détection de la fatigue peut identifier ces signatures de bruits ultrasoniques de bas niveau et aider à déterminer le degré d'accumulation des dommages dus à la fatigue dans les aubes des turbines à vapeur.

La technologie pour la mesure de la fatigue par détection qui existe déjà est suffisante pour permettre un étalonnage quantitatif en utilisant des échantillons préparés. Il existe cependant des occasions pour l'optimisation du processus de mesure par détection de la fatigue dans le cadre d'applications d'aubes de turbines, afin de traiter des effets du profil aérodynamique d'une aube courbe et de la rugosité des surfaces qui seront rencontrés lors d'inspections en service. Plusieurs tâches ont été envisagées ; notamment différentes options pour la configuration des sondes et des modes d'ondes, des schémas d'accouplement alternatifs et des schémas d'analyse d'ondes. La stratégie actuelle consiste à explorer l'utilisation de sondes d'impulsion-écho (sondes à mesures simples) comme solution de rechange au système actuel « pitch-catch » (configuration à deux sondes, nécessitant l'accès aux deux côtés de l'échantillon devant être mesuré). Nous examinerons également la technologie EMAT du transducteur acoustique électromagnétique (EMAT/electromagnetic acoustic transducer). EMAT génère et reçoit des ondes ultrasoniques sans avoir besoin d'être en contact avec la matière à travers laquelle passent les ondes acoustiques. Ceci élimine les effets de lien qui sont rencontrés dans le cadre des technologies de mesures ultrasoniques par contact.

*Pour plus de renseignements sur cette activité, veuillez contacter Paul Zayicek, 704.595.2154, pzayicek@epri.com.*

## Évènements à venir

| Réunions 2008 | Date | Lieu |
|---|---|---|
| 5ème atelier de transfert de technologie pour les turbo-alternateurs et réunion d'été du Groupe d'utilisateurs des turbo-alternateurs (TGUG) | du 11 au 15 août 2008 | Concord, NC Embassy Suites |
| Groupe d'Intérêt NERC | 21 et 22 août 2008 | Detroit, MI Siège DTE |
| Groupe d'intérêt EMI | 10 septembre 2008 | Groveport, OH John E. Dolan d'AEP Laboratoire d'ingénierie |
| Atelier pour la fissuration par corrosion sous tension et atelier sur la fatigue par corrosion | du 1er au 3 octobre 2008 | Nashville, TN Gaylord Opryland Hotel |
| Atelier pour turbines-pompes d'alimentation de chaudières et réacteurs atelier des turbines | du 18 au 20 novembre 2008 | Nashville, TN Vanderbilt Marriott Hotel |

| Réunions 2009 | Date | Lieu |
|---|---|---|
| Atelier TGUG hiver 2009 et réunion avec salon fournisseurs | du 19 au 23 janvier 2009 | Savannah, GA Hyatt Regency |
| 11ème atelier EPRI pour turbo-alternateurs à vapeur atelier et salon fournisseurs | les 10 et 11 août 2009 | À déterminer |
| Réunion TGUG d'été | du 12 au 14 août 2008 | À déterminer |

## Personnel du programme

### Programme des turbo-alternateurs à vapeur dans les centrales thermiques et nucléaires

**Gary Golden**
*Performance, Essais, B/RFPT*
865.387.5309, ggolden@epri.com

**Alan Grunsky**
*Exploitations et maintenance*
704.595.2056, agrunsky@epri.com

**Sharon Parker**
*Auxiliaires de turbines*
704.595.2164, sparker@epri.com

**Linda Parrish**
*Adjointe administrative en chef*
704.595.2061, lparrish@epri.com

**John Shingledecker**
*Matières*
704.595.2120, jshingledecker@epri.com

**Jan Stein**
*Équipements électriques, Générateurs*
650.855.2390, jstein@epri.com

**Paul Zayicek**
*NDE, Évaluation de l'état*
704.595.2154, pzayicek@epri.com

# Guide pour l'analyse des causes fondamentales des défaillances d'aubes de turbines à vapeur

Le rapport *Steam Turbine Blade Failure Root Cause Analysis Guide* (1014137) est un document de référence pour les opérateurs afin qu'ils puissent planifier et mener l'enquête sur les causes les plus probables de défaillance d'une aube de turbine à vapeur. Le rapport donne un aperçu et une approche par étapes pour identifier les mécanismes des dommages les plus courants dans les cas de défaillances d'aubes de turbines. Il montre également comment les mécanismes de dommages sont liés à l'historique de l'opération avant la défaillance de l'aube et comment ceux-ci sont évalués de façon à établir leur rôle en tant que cause principale (fondamentale) par rapport aux facteurs de contributions secondaires.

Le rapport, sorti en mars 2008, est actuellement disponible.

*Pour plus d'informations, veuillez contacter Justin Thibault, 704.595.2103, jthibault@epri.com.*

**Restrictions de contrôle d'exportation**

L'accès à la propriété intellectuelle d'EPRI et son utilisation est accordé en sous-entendant et exigeant de manière spécifique que vous-même ou votre société soyez entièrement responsables pour assurer la conformité intégrale à toutes les lois et réglementations applicables aux États-Unis et pour l'exportation à l'étranger. Ceci inclut l'obligation d'assurer que toute personne à qui l'accès a été accordé selon les présentes et qui n'est pas citoyen(ne) ou résident(e) permanent(e) des États-Unis puisse disposer des droits d'accès selon les lois et réglementations applicables aux États-Unis et pour l'exportation à l'étranger. Si vous ne savez pas exactement si vous pouvez, vous-même ou votre société, obtenir un accès légal à cette propriété intellectuelle d'EPRI, vous reconnaissez que vous avez l'obligation de consulter le conseiller juridique de votre société afin de déterminer si cet accès est légitime. Bien que la société EPRI puisse mettre à disposition, en fonction de chaque cas, une évaluation non formelle de la classification des exportations des États-Unis applicables pour les propriétés intellectuelles particulières d'EPRI, vous-même ou votre société reconnaissez que cette évaluation est uniquement fournie à titre d'information et non pas à des fins de fiabilité. Vous reconnaissez, vous-même et votre société, que vous avez néanmoins l'obligation de procéder à votre propre évaluation de la classification d'exportation applicable des États-Unis et d'en assurer la conformité en conséquence. Vous comprenez et reconnaissez, vous-même et votre société, vos obligations de soumettre un rapport immédiat à EPRI et aux autorités appropriées en ce qui concerne un accès à la propriété intellectuelle d'EPRI, ou son utilisation selon les présentes, qui pourraient enfreindre les lois applicables américaines ou les lois et les régulations de l'exportation étrangère.

**L'institut de recherche sur l'énergie électrique (EPRI/ Electric Power Research Institute),** implanté notamment à Palo Alto en Californie, Charlotte en Caroline du Nord et Knoxville dans le Tennessee, a été fondé en 1973 en tant que centre indépendant, sans but lucratif, d'intérêt public consacré à la recherche sur l'énergie et l'environnement. EPRI réunit les membres, participants, scientifiques et ingénieurs de l'Institut ainsi que d'autres experts reconnus pour travailler ensemble au développement de solutions pour relever les défis de l'énergie électrique. Ces solutions couvrent presque tous les secteurs de production d'électricité, depuis son acheminement jusqu'à son utilisation, en passant par ses répercussions sur la santé, la sécurité et l'environnement. Les membres d'EPRI comptent pour plus de 90 % de l'électricité générée aux États-Unis. La participation internationale représente près de 15% du programme total de recherche, de développement et de démonstration d'EPRI.

1018590 Juillet 2008

**Electric Power Research Institute**
3420 Hillview Avenue, Palo Alto, California 94304•PO Box 10412, Palo Alto, California 94303 USA
800.313.3774•650.855.2121•askepri@epri.com•www.epri.com

© 2009 Electric Power Research Institute (EPRI), Inc. Tous droits réservés. Electric Power Research Institute, EPRI (Institut de Recherche sur la Puissance Électrique) et TOGETHER… SHAPING THE FUTURE OF ELECTRICITY (Façonnons ensemble l'avenir de l'électricité) sont des marques de service déposées d'EPRI.

*Imprimé sur papier recyclé aux États-Unis d'Amérique*