# Collection de notes internes de la Direction des Etudes et Recherches

Production d'énergie (hydraulique, thermique of nucléaire)

EXPERTISE D'UN SEGMENT PORTEUR DE COUSSINET DE TURBINE 1300 MW

INSPECTION OF A 1300 MW TURBINE GENERATOR JOURNAL BEARING SUPPORTING PAD



## DISCLAIMER

Portions of this document may be illegible in electronic image products. Images are produced from the best available original document. DIRECTION DES ÉTUDES ET RECHERCHES

SERVICE ENSEMBLES DE PRODUCTION DÉPARTEMENT MACHINES



Doc. enreg. la lion Destination : 1.

Janvier 1997

VIALETTES J.M. DUPUY J.

## EXPERTISE D'UN SEGMENT PORTEUR DE COUSSINET DE TURBINE 1300 MW

#### INSPECTION OF A 1300 MW TURBINE GENERATOR JOURNAL BEARING SUPPORTING PAD

Pages: 18

97NB00127

#### SYNTHÈSE :

Plusieurs expertises, réalisées sur les segments de coussinets des groupes turbo-alternateurs des centrales REP 1300 MW, ont notamment mis en évidence des fissures et décollements du revêtement antifriction. Dans presque tous les cas, les défauts ont été provoqués par la fissuration d'une couche compacte et fragile de composés  $Cu_6Sn_5$ , située à l'interface métal de base/régule. Cependant, le phénomène d'amorçage des dégradations n'a pas pu être cerné avec précision et a motivé l'examen d'un autre coussinet présentant dans les zones habituellement affectées un début de dégradation en surface et des pertes d'écho de fond U.S. Les examens pratiqués sur cette pièce ont révélé un nouveau mode de dégradation caractérisé par des fissures et des écaillages se propageant à quelques dixièmes de millimètres sous la surface du régule.

Plusieurs hypothèses peuvent être envisagées pour expliquer ce phénomène :

- un déchirement provoqué par des charges spécifiques importantes, soit à l'arrêt lorsque le rotor repose sur ses patins, soit lors de transitoires de soulèvement (démarrages - ralentissements);

- une dégradation par fatigue superficielle ;

- un phénomène de fluage, dans la mesure où l'on estime que la température pourrait atteindre 120 °C dans cette zone ;

- une combinaison de ces deux derniers phénomènes.

En revanche il ne semble pas que ces défauts constituent un phénomène d'amorçage des décollements et fissurations situées à l'interface métal de base/régule car il n'a pas été observé d'anomalie s'orientant vers cette zone, qui, bien que comportant une couche de  $Cu_6Sn_5$ , a été trouvée saine lors des divers examens pratiqués.

J.M. VIALETTES J. DUPUY : EDF/DEPT/GDL

#### **EXECUTIVE SUMMARY :**

Several inspections carried out on the journal bearing pads of 1300 MW PWR plant turbine generator units have notably revealed cracks in and separation of the antifriction coating. In almost all the cases, the defects were caused by cracking of a compact and fragile layer of  $Cu_6Sn_5$  located at the interface between the base metal and the babbitt metal. However, the damage - initiating phenomenon was not able to be discovered precisely. This led us to examine another journal bearing which showed the first signs of damage on the surface and base ultra sound echo losses in the areas usually affected. The examinations carried out on this part showed a new mode of deterioration characterised by cracks and scales propagating to a few tens of millimetres under the surface of the babbitt metal.

Several hypotheses can be put forward to explain this phenomenon :

- tearing due to large specific loads either when shut down when the rotor rests on its pads, or when lift transients occur - e.g. during starting up and slowing down ;

- damage due to surface fatigue ;

- a creep phenomenon since it is estimated that the temperature in this area can reach 120 °C;

- a combination of the last two phenomena.

Notwithstanding the above, it does not seem that these defects represent an initiating phenomenon as regards the separations and cracking at the interface between the base metal and the babbitt metal since no anomalies have been found heading for this area, which, even though containing a layer of  $Cu_6Sn_5$ , was found to be perfectly sound in the various examinations carried out.

## TABLE DES MATIERES

· ·

| 1 - INTRODUCTION               |  |        |  |  |  |
|--------------------------------|--|--------|--|--|--|
| 2 - HISTORIQUE                 | DES INCIDENTS  | 4      |  |  |  |
| 2.1 - Décolle<br>2.2 - Décolle | ements de régule en partie centrale des patins<br>ement de régule au droit des poches de soulèvement | 4<br>5 |  |  |  |
| 3 - EXPERTISE                  |  | 5      |  |  |  |
| 4 - CONCLUSION                 | NS   | 6      |  |  |  |
| LISTE DES FIGU                 | RES  |        |  |  |  |
| Figure 1 -                     | Schéma des coussinets à segments   | 7      |  |  |  |
| Figure 2 -                     | Schéma vue de dessus d'un coussinet porteur  | 7      |  |  |  |
| Figure 3 -                     | Exemple de patin porteur avec décollement de régule  | 8      |  |  |  |
| Figure 4 -                     | Détail du décollement de régule  | 8      |  |  |  |
| Figure 5 -                     | Exemple de patin porteur avec décollement de régule.   | 9      |  |  |  |
| Figure 6 -                     | Décollement et fissuration du régule   | 9      |  |  |  |
| Figure 7 -                     | Macrographie d'une zone de décollement (attaque nital)   | 10     |  |  |  |
| Figure 8 -                     | Couche blanche compacte de CU <sub>6</sub> SN₅ à l'interface métal                                   |        |  |  |  |
|                                | de base/régule (attaque nital)   | 10     |  |  |  |
| Figure 9 -                     | Décollement au niveau de la couche de Cu <sub>6</sub> Sn <sub>5</sub> (attaque nital)                | 10     |  |  |  |
| · Figure 10 -                  | Décollement autour d'une buse de soulèvement   | 11     |  |  |  |
| Figure 11 -                    | Vue partielle du coussinet détérioré   | 12     |  |  |  |
| Figure 12 -                    | Zone hachurée : perte d'écho de fond en U.S.   | 13     |  |  |  |
| Figure 13 -                    | Dégradations en surface  | 13     |  |  |  |
| Figure 14 -                    | Epaisseur au niveau des poches de soulèvement  |        |  |  |  |
|                                | (zone dégradée) : 2,89 mm  | 14     |  |  |  |
| Figure 15 -                    | Epaisseur côté sortie huile : 3,43 mm  | 14     |  |  |  |
| Figure 16 -                    | Décollement compris entre 0,4 et 0,8 mm  |        |  |  |  |
|                                | sous la surface du régule  | 15     |  |  |  |
| Figure 17 -                    | Ecailles au droit de la fissure  | 15     |  |  |  |
| Figure 18 -                    | Ecaillage en surface et fissuration intergranulaire  | 16     |  |  |  |
| Figure 19 -                    | Décohésions en fin de fissuration  | 16     |  |  |  |
| Figure 20 -                    | Fissuration transgranulaire d'un pavé Sb Sn  | 17     |  |  |  |
| Figure 21 -                    | Absence de décollement à l'interface métal de base régule  | 17     |  |  |  |

#### 1 - INTRODUCTION

Les groupes turbo-alternateurs des paliers 1300 MW sont équipés de coussinets à segments. Ces derniers ne sont pas identiques et leur répartition n'est pas symétrique par rapport à la charge statique (fig. 1).

Le régule est déposé par centrifugation, sur un anneau en acier noir, préalablement grenaillé et étamé. Cette pièce est ensuite découpée et usinée pour obtenir plusieurs segments de coussinets (fig. 2).

#### 2 - HISTORIQUE DES INCIDENTS

#### 2.1 - Décollements de régule en partie centrale des patins

A partir de 1987, plusieurs machines ont connu ce genre d'avaries. Il a donc été procédé à l'expertise de 7 patins provenant de diverses turbines. Les dégradations observées étaient majoritairement des décollements et fissurations du dépôt antifriction (fig. 3, 4, 5 et 6) dont les spécifications chimiques sont indiquées ci-après :

| Elément                                | Ni     | Cu        | Sb      | Cd          | As <sub>.</sub> | Pb     | Sn        |
|--|--------|-----------|---------|-------------|-----------------|--------|-----------|
| Spécifications du<br>constructeur en % | < 0,45 | 4,5 à 6,8 | 10 à 13 | 1,10 à 1,40 | 0               | < 0,15 | 79,5 à 82 |

Les examens ont montré que dans 90% des cas les fissures ayant conduit aux décollements se sont propagées au droit d'une couche compacte de composés de formule  $Cu_6Sn_5$  d'une vingtaine de microns d'épaisseur, située à l'interface métal de base/régule (fig. 7, 8 et 9). Celle-ci a une réputation de fragilité de nature à pouvoir entraîner des décollements sous l'effet d'un chargement important de ces patins.

La présence de la phase  $Cu_6Sn_5$ , riche en cuivre, n'est que la conséquence normale du procédé de régulage. En effet, cette phase est la première à se solidifier dans ce type de régule. En conséquence, lors du dépôt par centrifugation, elle se retrouve en concentration plus importante au contact de la coquille en acier.

En revanche aucune de ces expertises n'a permis de cerner précisément le phénomène d'amorçage des défauts. Deux scénarios de dégradations ont donc été envisagés :

- soit les coussinets qui travaillent principalement en compression, subissent un phénomène de fatigue oligocyclique prenant naissance à la surface du régule, ce qui entraînerait le faïençage de celui-ci, puis la propagation à l'interface avec déchirement de la phase fragile Cu<sub>6</sub>Sn<sub>5</sub>;
- soit à l'inverse, lors de certains transitoires ou arrêts, les efforts de cisaillements (pression de Hertz) deviennent suffisants pour s'exercer en sous-couche au niveau de la phase Cu<sub>6</sub>Sn<sub>5</sub>, qui une fois déchirée, serait le site privilégié de toute propagation vers la surface du régule.

#### 2.2 - Décollement de régule au droit des poches de soulèvement

Dans ce cas particulier qui a concerné un nombre limité de coussinets, le processus d'amorçage a été attribué à un manque de colle entre la buse et son logement. Ceci rendait possible le passage d'huile dans l'interstice. Cette huile une fois emprisonnée était mise en pression et de ce fait provoquait une fissuration du régule au droit de la couche fragile de  $Cu_6Sn_5$  (fig. 10). Pour résoudre ce problème une modification de la nature de la colle, un réencollage périodique et une augmentation de la taille des poches de soulèvement centrales (réduction de la pression d'huile) ont été préconisés par le constructeur.

#### 3 - EXPERTISE

En 1992, il a été découvert, lors d'une révision, dans la zone centrale d'un patin porteur, des dégradations de surface et des pertes d'écho de fond U.S. (fig. 11, 12 et 13). Ces signaux U.S. traduisent la présence d'anomalies situées entre la surface et l'interface régule/métal de base. L'expertise du patin a donc été décidée pour vérifier si ces défauts pouvaient correspondre à un amorçage des décollements observés sur les premières pièces expertisées.

Les figures 14 et 15 montrent les épaisseurs de régule respectivement au niveau des poches de soulèvement (soit au centre du coussinet) et à l'extrémité côté sortie d'huile. On voit que l'épaisseur la plus faible se situe au centre avec 2,89 mm alors qu'en extrémité elle est de 3,43 mm. Ce phénomène progressif est imputable au mode de fabrication du régule.

En effet lors de la découpe après régulage de la couronne en plusieurs patins, la libération de contraintes résiduelles dans la partie en acier noir, peut entraîner de légères déformations des segments. La perte de concentricité qui s'en suit est donc compensée par un usinage final de la couche d'antifriction, d'où les différences d'épaisseur observées.

On peut donc penser, bien qu'aucun calcul précis de contraintes résiduelles n'ait été fait, que dans le cas présent, la déformation qui correspond à une ouverture du segment, entraîne des contraintes de tension dans la couche externe du régule.

Les examens micrographiques ont permis de montrer que les indications U.S. (perte d'écho de fond) correspondent à des fissurations de la couche régulée, pratiquement parallèles à la surface et dont la profondeur maximale varie de 0,4 à 0,8 mm (fig. 16 et 17). Les comparaisons entre les longueurs des fissures relevées et les mesures par U.S. montrent une bonne corrélation.

A plus fort grossissement le caractère intergranulaire des fissures apparaît nettement. Celles-ci contournent également les aiguilles de Cu<sub>6</sub>Sn<sub>5</sub>, réputées dures, sans jamais les rompre (fig. 18). En fin de défaut, de petites décohésions sont mises en évidence (zones noires sur la fig. 19).

Il faut cependant remarquer la fissuration transgranulaire de certains pavés de phase Sb Sn, dont la dureté est supérieure d'environ 30HV au reste de la matrice (fig. 20). En dernier lieu, si l'examen de l'interface métal de base/régule a bien révélé la présence d'une couche compacte de  $Cu_6Sn_5$  dont l'épaisseur est comparable à celles des autres patins dégradés, il n'a été observé à aucun moment, de décollement de régule dans cette zone (fig. 21).

#### 4 - CONCLUSIONS

...

Les premières expertises concernant les décollements de régule, ont mis en évidence une propagation des défauts par déchirement de la couche compacte de  $Cu_6Sn_5$  située à l'interface métal de base/régule. Des modifications ont donc été apportées par le constructeur à la composition chimique du régule des nouvelles fabrications pour éviter le formation de cette couche. Cependant le phénomène d'amorçage de ces décollements n'a pas pu être déterminé.

L'expertise complémentaire d'un patin a donc été motivée par la mise en évidence de dégradations de surface et des pertes d'échos de fond US, pouvant correspondre à un début de décollement. Celle-ci a mis en évidence un nouveau mode de dégradation caractérisé par la présence de fissurations et décohésions essentiellement intergranulaires. Ces anomalies sont situées sous la surface du régule à une profondeur variant entre 0,4 mm et 0,8 mm. Les documents bibliographiques consultés à ce jour ne font pas état de dégradations comparables et sur le parc EDF, seul 1 à 2 patins ont été trouvés avec des défauts qui visuellement paraissent comparables. Aucune expertise n'a cependant été réalisée sur ceux-ci.

Plusieurs hypothèses peuvent être cependant envisagées pour expliquer la présence de telles anomalies :

- un déchirement provoqué par des charges spécifiques importantes au niveau du palier, soit à l'arrêt lorsque le rotor repose sur ses patins, soit lors de transitoires de soulèvement (démarrages - ralentissements);
- une dégradation par fatigue superficielle. Des calculs semblent cependant indiquer que la pression maximale de Hertz se situe à des profondeurs supérieures qui sont proches de l'interface métal de base/régule;
- un phénomène de fluage, dans la mesure où l'on estime que la température pourrait atteindre 120°C dans cette zone. Cette température ne peut toutefois qu'être estimée car il n'existe pas d'instrumentation à ce niveau;
  - une combinaison de ces deux derniers phénomènes.

En tout état de cause la déformation du patin lors de la découpe peut être de nature à ajouter des contraintes de tension défavorables à la tenue de la couche de régule.

Enfin il convient de noter qu'aucun des défauts de surface observés sur ce segment ne se propage vers l'interface métal de base/dépôt, bien qu'une couche compacte de  $Cu_6Sn_5$  soit présente à ce niveau. Il ne semble donc pas que ces anomalies puissent constituer un phénomène d'amorçage de décollement du régule, tel que cela avait été envisagé avant expertise.



Figure 1 - Schéma des coussinets à segments.



. ..

Figure 2 - Schéma vue de dessus d'un coussinet porteur

7



Figure 3 - Exemple de patin porteur avec décollement de régule



Figure 4 - Détail du décollement de régule



Figure 5 - Exemple de patin porteur avec décollement de régule



Figure 6 - Décollement et fissuration du régule



 $\left( \begin{array}{c} \\ \\ \\ \end{array} \right)$ 

Figure 7 - Macrographie d'une zone de décollement (attaque nital)



Figure 8 - Couche blanche compacte de CU<sub>6</sub> SN<sub>5</sub> à l'interface métal de base/régule



Figure 9 - Décollement au niveau de la couche de Cu<sub>6</sub> Sn<sub>5</sub> (attaque nital)



Figure 10 - Décollement autour d'une buse de soulèvement

### e longitudinal

•,

;



Prélèvement

Figure 11 - Vue partielle du coussinet détériore

LOCALISATION DES DEFAUTS PAR U.S.



Figure 12 - Zone hachurée : perte d'écho de fond en U.S.



Figure 13 - Dégradations en surface

#### CONTROLE DE L'EPAISSEUR DE LA COUCHE DE REGULE (APRES ATTAQUE NITAL)



Figure 14 - Epaisseur au niveau des poches de soulèvement (zone dégradée) : 2,89 mm



Figure 15 - Epaisseur côté sortie huile : 3,43 mm

#### ASPECT MACROGRAPHIQUE DES DEFAUTS (SANS ATTAQUE)



Figure 16 - Décollement compris entre 0,4 et 0,8 mm sous la surface du régule



Figure 17 - Ecailles au droit de la fissure

ASPECT MICROGRAPHIQUES DES DEFAUTS (SANS ATTAQUE)



Figure 18 - Ecaillage en surface et fissuration intergranulaire



Figure 19 - Décohésions en fin de fissuration

#### ASPECT MICROGRAPHIQUE DES DEFAUTS APRES ATTAQUE (NITAL 2%)



Figure 20 - Fissuration transgranulaire d'un pavé Sb Sn



Figure 21 - Absence de décollement à l'interface métal de base régule