

Fontenay-aux-Roses, le 28 février 2013

Monsieur le Président de l'Autorité de sûreté nucléaire

**Avis IRSN N°** 2013 - 00081

**Objet :** REP - Palier 900 MWe

Traitement de l'usure prématurée des coussinets de tête de bielle des diesels de secours et d'ultime secours

Modification relative au déploiement des coussinets M 2bis

**Réf. :** Saisine ASN CODEP-DCN-2012-055443 du 11 octobre 2012

Conformément à la demande de l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) citée en référence, l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN) a évalué la modification déclarée par Electricité de France selon l'article 26 du décret 2007-1557, relative au déploiement des coussinets de tête de bielle appelés M 2bis sur les diesels de secours et d'ultime secours du palier 900 MWe, en remplacement des coussinets M de 2<sup>ème</sup> génération qui présentent en exploitation un phénomène d'usure prématurée.

Dans cet avis, l'expression « coussinets S » désigne les coussinets d'origine de ces moteurs diesel ; l'expression « coussinets M » désigne les générations successives de coussinets provenant d'un autre fabricant, qui ont remplacé les coussinets d'origine sur une partie des diesels du palier 900 MWe en raison de l'arrêt de leur fabrication.

**Adresse courrier**

BP 17  
92262 Fontenay-aux-Roses  
Cedex France

**Siège social**

31, av. de la Division Leclerc  
92260 Fontenay-aux-Roses  
Standard +33 (0)1 58 35 88 88  
RCS Nanterre B 440 546 018

Depuis avril 2011, EDF poursuit l'exploitation des 26 moteurs diesel équipés de coussinets M de 2<sup>ème</sup> génération moyennant la mise en œuvre d'un programme de surveillance en service et de maintenance renforcées. Alors que la teneur en plomb dans l'huile, qui est l'indicateur retenu pour prévenir une dégradation anormale des coussinets, reste faible en évoluant peu sur 15 de ces moteurs, dont les trois moteurs révisés en usine, cinq moteurs ont nécessité à plusieurs reprises le remplacement de ces coussinets en raison d'une teneur en plomb et d'une évolution de cette teneur trop élevées. Sur l'un d'entre eux, le diesel d'ultime secours du Tricastin, les coussinets ont été remplacés trois fois durant cette période.

Ce retour d'expérience confirme que la tenue de ces coussinets, qui présente une disparité non expliquée selon les moteurs, n'est toujours pas satisfaisante et conduit à s'interroger sur la représentativité de la qualification effectuée en 2009/2010 aux conditions de fonctionnement simulant dix années d'exploitation en centrale nucléaire, dont une situation de manque de tension externe (MDTE) suivie d'une durée de fonctionnement de secours de 15 jours à pleine charge.

EDF a mené en 2011 des investigations approfondies, au moyen d'essais et d'analyses, pour déterminer les causes de la dégradation rapide de ces coussinets en exploitation et définir une solution pérenne pour améliorer la tenue de ces pièces.

Les expertises métallurgiques et les essais réalisés l'ont amené à conclure que la dégradation rapide des coussinets M de 2<sup>ème</sup> génération ne pouvait pas être imputée au processus de fabrication du coussinet lui-même, dont le comportement est proche du coussinet d'origine S, mais pouvait être due à une insuffisance de la lubrification en regard des efforts de pression, créant des contraintes excessives dans la couche de surface du coussinet et conduisant à sa dégradation par amorçage de fissures de fatigue. La localisation de l'initiation du phénomène dans la zone inférieure du coussinet, près de la languette de positionnement, l'amène à estimer que la dégradation de la couche de surface pourrait s'amorcer lors du fonctionnement à vide du moteur diesel, quand les efforts d'inertie s'appliquent dans cette zone, situation non couverte par les essais de qualification réalisés.

Les différents experts qui ont été consultés par EDF ont considéré que la présence de chanfreins sur les coupes du coussinet, en particulier côté intérieur, et une languette de positionnement du coussinet trop mince étaient la cause de l'affaiblissement du film d'huile à l'intérieur du coussinet et de l'échauffement de la couche de surface du coussinet.

Ces conclusions conduisent EDF et ses partenaires industriels à la définition du coussinet M 2bis sur lequel ces différences géométriques subsistant entre le coussinet M de 2<sup>ème</sup> génération et le coussinet d'origine S, ont été corrigées.

Dans sa déclaration de modification, EDF présente les résultats des essais et des analyses qui lui ont permis de prononcer la qualification des coussinets M 2bis. Cette qualification comprend des essais de fonctionnement à vide des moteurs diesel et une qualification par analogie aux essais de longue durée réalisés sur les coussinets M de 2<sup>ème</sup> génération pour le fonctionnement en charge. Les essais de fonctionnement à vide à différents paliers de vitesse du moteur d'essai ont montré qu'un fonctionnement à vide à 1600 tr/mn durant dix minutes était suffisant pour provoquer l'échauffement et la dégradation d'un coussinet M de 2<sup>ème</sup> génération alors que les coussinets M 2bis se comportent bien et ne présentent pas d'amorce d'usure prématurée.

Sous réserve de la réussite d'un essai de requalification qui sera réalisé sur un diesel d'ultime secours du parc, EDF demande l'autorisation d'installer les coussinets M 2bis dans les moteurs diesel lorsqu'une opération de maintenance sera nécessaire pour remplacer les coussinets, en évitant de traiter simultanément les diesels des deux voies d'un même réacteur.

L'IRSN estime que les essais et les analyses diligentés par EDF constituent une avancée significative dans la recherche des causes de l'usure prématurée des coussinets M de 2<sup>ème</sup> génération ; il considère, au regard des essais de qualification réalisés, que la définition du coussinet M 2bis paraît pertinente.

Toutefois, l'IRSN a identifié plusieurs actions et dispositions complémentaires qu'EDF devra prendre en compte en vue du déploiement dit progressif de ces coussinets sur les diesels du parc. Celles-ci font l'objet des observations et recommandations présentées ci-après.

#### **Classement de la modification**

EDF considère que la modification est de classe 2 car il estime que la suppression du chanfrein à la coupe et l'augmentation de l'épaisseur de la languette de positionnement sont des modifications géométriques mineures qui ne mettent pas en œuvre une technologie de conception nouvelle et ne présentent pas de risque nouveau. L'IRSN estime que le remplacement des coussinets par des coussinets M 2bis est une modification de classe 1 car elle met en œuvre une nouvelle technologie de conception susceptible de générer un risque nouveau ou accru pour le fonctionnement des moteurs diesel par rapport aux coussinets d'origine.

#### **Risque de régression vis-à-vis de la sûreté**

Les expertises métallurgiques menées par EDF montrent que la qualité de la fabrication des coussinets M de 2<sup>ème</sup> génération n'est pas en cause dans le phénomène d'usure prématurée, notamment au niveau des couches de surface qui ne présentent pas d'anomalie ni de défaut d'accrochage. La fabrication du coussinet M 2bis, qui est identique à celle du coussinet M de 2<sup>ème</sup> génération, n'a pas révélé de présence de bavures à la coupe des coussinets malgré la suppression du chanfrein d'ébavurage. Par ailleurs, l'augmentation de l'épaisseur de la languette de positionnement est de nature à améliorer la répartition des efforts de serrage du coussinet quand il est installé dans la tête de la bielle ainsi que l'écoulement du film d'huile. S'appuyant sur les essais de qualification réalisés sur les coussinets M 2bis, qui montrent une très nette amélioration de la lubrification et du refroidissement de ce coussinet, l'IRSN estime que le risque de régression pour la sûreté des coussinets M 2bis par rapport aux coussinets M de 2<sup>ème</sup> génération paraît faible.

Par contre, l'IRSN n'est pas en mesure de se prononcer sur le risque de régression lié à l'utilisation du coussinet M 2bis par rapport au coussinet S car l'influence du procédé de fabrication par coulage sur les coussinets M 2 (2<sup>ème</sup> génération et M 2bis) qui confère une dureté supérieure du coussinet MIBA 2 par rapport au coussinet SIC n'a pas été analysée par EDF ; l'IRSN estime que cette différence de fabrication pourrait conduire à une résistance inférieure du revêtement des coussinets M de 2<sup>ème</sup> génération et M 2bis à la température. L'IRSN considère donc que le risque de régression pour la sûreté par rapport au coussinet S ne pourra être apprécié qu'après l'essai de requalification sur le diesel « tête de série » et une exploitation d'au moins un an sur plusieurs diesels du parc.

#### **Qualification de la modification**

Le choix de la méthode de qualification mixte essais-analyse retenue repose sur les conclusions des

expertises et essais métallurgiques menés par EDF, qui l'ont amené à considérer que la cause de l'usure prématurée des coussinets pouvait être une insuffisance de la lubrification, notamment lors du fonctionnement à vide des moteurs diesel quand les efforts de pression s'appliquent dans la zone inférieure des coussinets où s'initie le phénomène d'usure prématurée. L'IRSN considère que cette méthode de qualification est recevable mais qu'elle devra être confortée par le retour d'expérience sur le coussinet M 2bis, qui sera acquis à l'occasion des essais périodiques des diesels générateurs.

L'IRSN souligne en effet la difficulté que présente l'évaluation de la qualification des coussinets M en regard de la tenue réelle de ces coussinets en exploitation. En effet, les coussinets M de 2<sup>ème</sup> génération montrent une disparité de tenue significative entre les moteurs diesel du parc que n'a pas permis de prévoir la qualification préalablement effectuée et qui n'est pas expliquée ; la teneur en plomb dans l'huile a atteint des valeurs élevées sur cinq moteurs diesel sur lesquels les coussinets ont du être remplacés plusieurs fois avant la durée d'un an prévue par EDF alors que sur 15 diesels, qui sont soumis aux mêmes conditions d'exploitation dont les conditions de fonctionnement à vide, la teneur en plomb est faible et évolue peu. Ce constat pose la question de la représentativité des essais de qualification et en particulier du groupe d'essai à moteur diesel en regard des groupes diesel exploités sur le palier 900 MWe.

L'IRSN estime que les essais de qualification appelés « extrem test » qui ont été menés par le constructeur des moteurs diesels constituent une avancée significative car ils ont permis de comparer la tenue des coussinets M de 2<sup>ème</sup> génération et M 2bis, et de vérifier les capacités potentielles du coussinet M 2bis à résister à des sollicitations sévères, alors que ces mêmes sollicitations conduisent à la dégradation des coussinets M de 2<sup>ème</sup> génération. En particulier, l'IRSN souligne que le fait d'avoir couplé ce diesel à un alternateur plutôt qu'à un frein hydraulique et de l'avoir équipé d'une instrumentation de mesure de la température au dos du coussinet est un point positif qui apporte du crédit aux essais réalisés.

Cependant, l'IRSN estime que la qualification présentée par EDF dans le dossier de modification devra être complétée avant de déployer les coussinets M 2bis sur les diesels du palier 900 MWe, y compris en remplacement des coussinets d'origine.

Tout d'abord, l'IRSN souligne que le moteur diesel sur lequel les essais de qualification « extrem tests » ont été effectués, qui n'a pas été rénové, peut avoir été soumis à des conditions d'exploitation et d'entretien différentes des diesels en exploitation sur le parc français et ne pas être totalement représentatif de ces diesels, notamment en ce qui concerne l'état du vilebrequin. L'IRSN estime donc qu'une analyse doit être menée par EDF pour justifier la représentativité du diesel d'essai. **Ce point fait l'objet de la recommandation n° 1 en annexe.**

Les essais « extrem tests » ont permis de mettre en évidence, grâce à la mesure de la température au dos des coussinets, des conditions de fonctionnement qui conduisent à la dégradation des coussinets M de 2<sup>ème</sup> génération, alors que le refroidissement des coussinets M 2bis est satisfaisant. Ce résultat semble confirmer l'intérêt de ces essais et le bien fondé de la modification géométrique mise en œuvre sur le coussinet M 2bis.

L'IRSN souligne toutefois que ces essais sont de durée limitée et ne sont pas suffisants pour prononcer la qualification des coussinets M 2bis. En effet, ces essais ne couvrent pas la totalité des plages de vitesse susceptibles d'être atteintes par les groupes électrogènes à moteur diesel en exploitation, jusqu'au seuil de déclenchement par survitesse.

Aussi, l'IRSN estime nécessaire qu'EDF apporte la démonstration de la tenue des coussinets M 2bis aux vitesses élevées proches de la survitesse et, dans la négative, se positionne sur le calage de ce seuil de survitesse. **Ce point fait l'objet de la recommandation n° 2 en annexe.**

Enfin, les traces présentes sur les coussinets M 2bis après l'essai de qualification « extrem tests » ont été considérées par EDF comme des traces de rodage traduisant l'adaptation des coussinets aux antagonismes de forme entre le maneton et la tête de la bielle qui ne sont pas annonciatrices d'un phénomène d'usure prématurée. EDF a précisé que ces traces sont plus marquées que celles qui ont été observées sur les coussinets M de 2<sup>ème</sup> génération après leur essai de qualification de longue durée, du fait de la sévérité des essais « extrem tests ». L'IRSN estime qu'un examen au microscope doit être effectué pour confirmer que ces traces ne sont pas annonciatrices d'une dégradation du coussinet. **Ce point fait l'objet de l'observation n° 1 en annexe.**

#### **Requalification et déploiement de la modification**

La stratégie de déploiement des coussinets M 2bis prévoit la réalisation d'un essai de requalification assez sévère sur un groupe d'ultime secours du parc, comprenant de l'ordre de 30 démarrages, 50 heures de marche en puissance à charge partielle et à pleine charge, 5 heures de marche à vide et 15 délestages, et la dépose des coussinets pour expertise visuelle à l'issue de cet essai. La réussite de cet essai est un préalable au déploiement des coussinets M 2bis sur quelques moteurs diesel, puis après environ un an d'exploitation et une nouvelle expertise visuelle des coussinets de l'un de ces moteurs, au déploiement dit progressif sur les diesels du parc en évitant d'équiper simultanément les diesels des deux voies d'un même réacteur. Cette stratégie de déploiement paraît satisfaisante.

Toutefois l'IRSN estime qu'EDF devra transmettre le REX d'un an supplémentaire d'exploitation des coussinets M 2bis après le début de leur déploiement sur le palier 900 MWe afin de confirmer le bon comportement de ces coussinets. **Ce point fait l'objet de la recommandation n° 3 en annexe.**

#### **Suffisance de la modification**

L'IRSN estime que le déploiement du coussinet M 2bis ne doit pas dispenser EDF de poursuivre son analyse de l'exploitation des coussinets M de 2<sup>ème</sup> génération et d'identifier la cause de la disparité de tenue de ces coussinets sur les diesels dits sensibles, qui pourrait se reproduire quand ces moteurs diesel seront équipés de coussinets M 2bis. A ce jour, trois moteurs diesel sensibles ont été remplacés en échange standard. Aussi, l'IRSN estime nécessaire que les deux diesels sensibles encore en exploitation soient renvoyés en usine au plus tôt pour être révisés et reconditionnés.

Tous les contrôles sur les circuits et composants du moteur susceptibles d'avoir un impact sur les coussinets et leur lubrification devront être réalisés lors du reconditionnement des moteurs diesel en usine. Les résultats de ces contrôles devront être mis à profit pour poursuivre l'analyse des causes de la mauvaise tenue des coussinets M de 2<sup>ème</sup> génération sur ces diesels. Ce point fait l'objet de la recommandation n°4 en annexe.

EDF a procédé en 2012 au remplacement en échange standard des moteurs diesel du groupe d'ultime secours du Tricastin et de la voie A du réacteur n°3 de Cruas. L'IRSN estime qu'EDF devra présenter les résultats des contrôles qui ont été réalisés sur ces deux moteurs diesel lors de leur démontage en usine. Ce point fait l'objet de l'observation n°2 en annexe.

Par ailleurs, l'IRSN estime qu'EDF a insuffisamment analysé l'impact sur la tenue des coussinets M 2 (2<sup>ème</sup> génération et M 2bis) de la différence de dureté entre les couches de surface de ces coussinets et des coussinets S. L'IRSN considère que cette différence de dureté peut affecter la résistance et donc la tenue des couches de surface des coussinets M à la température. Les investigations devront donc être poursuivies sur le coussinet M 2bis pour connaître la température maximale pouvant être supportée durablement par le revêtement de ce coussinet. Ce point fait l'objet de la recommandation n°5 en annexe.

Afin de protéger les moteurs diesel et éviter le renouvellement de destructions ou de défaillances majeures de ces moteurs, l'IRSN estime enfin qu'EDF devrait se positionner, dans un délai de deux ans, sur l'intérêt et la faisabilité d'améliorer la protection des diesels du palier 900 MWe en ajoutant une protection non prioritaire, inhibée lors du fonctionnement forcé des groupes électrogènes en situation accidentelle, sur un critère de température élevée des coussinets. Ce point fait l'objet de l'observation n°3 en annexe.

Enfin, l'IRSN a noté qu'EDF poursuit ses investigations sur l'amélioration de la fiabilité des coussinets, notamment par le développement d'une troisième génération de coussinets. L'IRSN estime que ces actions sont favorables à l'amélioration de la sûreté de ces groupes électrogènes et, à ce titre, nécessaires.

En conclusion, sous réserve de la prise en compte des recommandations et observations présentées en annexe et de la réussite de l'essai de requalification, l'IRSN n'a pas d'objection au déploiement des coussinets M 2bis sur les moteurs diesel du palier 900 MWe.

Pour le Directeur général de l'IRSN,  
et par délégation,

**F. MENAGE**

## Recommandations

### Qualification de la modification

#### RECOMMANDATION N° 1

L'IRSN recommande qu'EDF présente, sous un an, une analyse suffisamment étayée pour justifier que l'état du groupe d'essai, en particulier du moteur diesel, est représentatif de celui des diesels du parc et identifie les paramètres et composants susceptibles de conduire à des différences au niveau des conditions de fonctionnement appliquées aux coussinets lors du fonctionnement du moteur diesel.

#### RECOMMANDATION N° 2

L'IRSN recommande qu'EDF complète la qualification des coussinets M 2bis en apportant, sous un an, la démonstration de la tenue de ces coussinets lors du fonctionnement à vide du diesel à une vitesse proche du seuil de déclenchement de la survitesse électrique et qu'il justifie en regard le calage de cette protection. Afin de conforter les éléments de sa démonstration, l'IRSN recommande qu'EDF détermine les températures atteintes au dos des coussinets M 2bis lorsqu'il est sollicité dans les conditions de fonctionnement précitées (à vide et proche de la survitesse électrique).

### Requalification et déploiement de la modification

#### RECOMMANDATION N° 3

L'IRSN recommande qu'EDF transmette, sous deux ans, un REX de l'exploitation des coussinets M 2bis.

### Suffisance de la modification

#### RECOMMANDATION N° 4

L'IRSN recommande que les deux diesels sensibles restant en exploitation sur le parc soient renvoyés en usine au plus tôt pour être révisés et reconditionnés.

Lors du reconditionnement des moteurs diesel en usine, tous les contrôles sur les circuits et composants du moteur susceptibles d'avoir un impact sur les coussinets et leur lubrification devront être réalisés. Notamment, un contrôle minutieux des portées des manetons du vilebrequin devra être réalisé ainsi qu'un contrôle de la géométrie du vilebrequin. Le cas échéant, ces composants devront être réparés afin de retrouver leurs caractéristiques initiales ou être remplacés. Enfin, si les contrôles effectués ne remettent pas en cause l'état de ces équipements, il conviendra alors qu'EDF poursuive ses investigations afin de déterminer l'origine des disparités observées sur les diesels (analyse des modalités d'exploitation et d'entretien des diesels notamment).

#### RECOMMANDATION N° 5

L'IRSN recommande qu'EDF poursuive, sous six mois, ses analyses pour évaluer de façon précise, pour tous les modes de fonctionnement des moteurs diesel, la température limite admissible du revêtement de surface du coussinet M 2bis lors d'un fonctionnement prolongé du diesel. Cette évaluation devrait permettre d'estimer les marges disponibles lors du fonctionnement des diesels avec ou sans charge.

#### **Observations**

##### OBSERVATION N° 1

##### **Nocivité des traces relevées sur les coussinets MIBA 2bis après les essais « extrem tests »**

L'IRSN estime nécessaire qu'EDF, sous six mois, confirme par un examen au microscope que les traces observées sur les coussinets M 2bis après l'essai « extrem tests » ne sont pas annonciatrices d'une dégradation de la couche de surface. Ce contrôle devrait être réalisé a minima sur le coussinet le plus marqué.

##### **Suffisance de la modification**

##### OBSERVATION N° 2

L'IRSN estime nécessaire qu'EDF présente, sous deux mois, les résultats des contrôles qui ont été réalisés sur les deux moteurs diesels, les 0 LHT de Tricastin et 3LHP de Cruas, lors de leur démontage en usine.

##### OBSERVATION N° 3

L'IRSN estime qu'EDF devrait se positionner, dans un délai de deux ans, sur l'intérêt et la faisabilité d'améliorer la protection des diesels en ajoutant une protection non prioritaire sur un critère de température élevée des coussinets sur les diesels du palier 900 MWe. Cette protection pourrait être activée lors des essais périodiques et en situation de manque de tension (MDTE) long terme.