

Fontenay-aux-Roses, le 3 juillet 2012

Monsieur le Président de l'Autorité de sûreté nucléaire

Avis IRSN N° 2012 - 00294

**Objet :** Palier N4 - Réacteurs de Chooz B et de Civaux (INB n° 139, 144, 158 et 159)  
Ecart concernant les vis de guide d'eau des groupes motopompes primaires

**Réf. :** [1] Lettres CODEP-DCN-2012-032089 du 14 juin 2012 et CODEP-DEP-2012-034562 du 27 juin 2012.  
[2] Avis IRSN n°2012-00179 du 19 avril 2012.  
[3] Avis IRSN n°2012-00201 du 9 mai 2012.  
[4] Lettre CODEP-CHA-2012-025337 du 10 mai 2012.

Par lettres citées en référence [1], l'ASN demande l'avis de l'Institut sur les conséquences pour la sûreté des réacteurs du parc EDF des écarts décelés sur trois groupes motopompes primaires (GMPP) du réacteur n° 2 de Chooz B. Ces écarts concernent des desserrages et des ruptures affectant, à ce jour, sept vis de maintien des guides d'eau de ces pompes.

Sur la base des éléments transmis par EDF, l'examen demandé à l'IRSN porte sur les points suivants :

- l'impact de ces écarts sur la sûreté des réacteurs du palier N4, et plus particulièrement l'impact pour la sûreté, sur une durée d'un cycle de fonctionnement et en tenant compte des mesures compensatoires prévues par EDF, d'un potentiel corps migrant de la taille d'une tête de vis de guide d'eau ;
- la capacité des contrôles à garantir la détection, lors des arrêts, des chocs potentiellement nocifs pour la sûreté notamment ceux affectant le revêtement de la cuve ;
- la pertinence du programme de contrôles proposé par EDF pour les GMPP des réacteurs du palier N4 ainsi que les délais de réalisation envisagés notamment pour le réacteur n° 2 de la centrale de Civaux.

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

### Écarts décelés sur les GMPP du réacteur n° 2 de la centrale de Chooz B

Lors du déchargement du combustible réalisé lors de l'arrêt pour visite partielle du réacteur n° 2 de la centrale de Chooz B, un corps migrant métallique a été retrouvé coincé sous la grille anti-débris de l'embout de pied d'un assemblage de combustible. Le corps migrant a été identifié, après examen, comme correspondant à la tête d'une des vis de fixation du guide d'eau d'un des quatre GMPP. Cet écart a fait l'objet des avis de l'IRSN cités en références [2] et [3].

L'ASN, à la suite de l'avis de l'IRSN [3], a demandé à EDF [4] de procéder, sur le réacteur n° 2 de la centrale de Chooz B et dans le cadre de l'arrêt en cours, aux opérations nécessaires à l'identification du GMPP concerné ainsi qu'à l'expertise et à la remise en conformité de sa partie hydraulique. L'ASN a également demandé de réaliser un examen télévisuel du fond de cuve du réacteur au plus tard lors du prochain arrêt afin de détecter des impacts éventuels liés au passage de ce corps migrant.

En réponse à ces demandes, EDF a engagé la visite du GMPP n° 3 puis la visite des trois autres GMPP et réalisé une inspection visuelle ou télévisuelle de l'enveloppe du cœur, du fond de cuve et des parties internes des GMPP.

Les principaux constats réalisés par l'exploitant sont les suivants :

- sur le GMPP n° 3, la présence d'un fût de vis sans sa tête a permis de confirmer l'origine du corps migrant. Deux autres vis du guide d'eau ont été trouvées libres en rotation dans leur logement. Elles présentent un endommagement des têtes et des filetages ;
- sur les GMPP n° 1 et n° 2, aucun désordre n'a été observé lors du contrôle visuel. En revanche, respectivement une et trois têtes de vis ont été constatées libres de mouvement lors du contrôle du serrage, ce qui est dû à la rupture tête/fût
- sur le GMPP n° 4, aucune anomalie n'a été relevée, tant lors du contrôle visuel que lors du contrôle de serrage des vis.

A la suite de ces constats, EDF a procédé à des inspections télévisuelles complémentaires sur le diffuseur et la volute du GMPP n° 3. Les inspections télévisuelles réalisées sur la partie hydraulique de la pompe ont montré un marquage sur le bord d'attaque d'une aube de la roue et un second sur la bague de roue. L'ensemble de ces indications sont considérées comme non nocives par l'exploitant.

Pour le revêtement du fond de cuve, il n'a pas été observé de marque particulière susceptible de révéler des chocs de corps migrant. Pour l'enveloppe de cœur, il a été observé la présence d'un marquage, de traces de frottement ou d'indications, sans nocivité particulière ; pour les pénétrations de fond de cuve, seul a été relevé un marquage léger de la collerette de la pénétration n° 45.

**L'IRSN rejoint la position d'EDF quant à l'absence de nocivité des impacts observés sur le GMPP n° 3 et sur l'enveloppe de cœur. L'IRSN note toutefois qu'EDF n'aborde pas le risque de corrosion sous contrainte de la zone impactée de la pénétration de fond de cuve n° 45 en inconel 600® et estime qu'EDF devrait effectuer, à l'occasion des déchargements programmés des structures inférieures de cœur, un suivi télévisuel de cette zone.**

#### Identification des mécanismes de rupture des vis de guide d'eau expertisées

EDF a procédé à des expertises métallurgiques du corps migrant (tête de la vis n° 7 du guide d'eau du GMPP n° 3) et des quatre vis trouvées cassées des GMPP n° 1 et n° 2.

L'expertise métallurgique du corps migrant a permis de conclure à une rupture par fatigue à grand nombre de cycles. En revanche, la rupture des vis des GMPP n° 1 et n° 2 résulte d'une corrosion sous contrainte à caractère intergranulaire.

Ce deuxième mode de dégradation est dû au montage inapproprié, en 1993, de vis de guide d'eau en acier inoxydable Z6 CNT DV25-15 en lieu et place de vis en acier Z6 CND 17.12. La nuance Z6 CNT DV25-15 est réputée sensible à la corrosion sous contrainte en présence de l'eau du circuit primaire.

Compte tenu des modes de dégradation observés, EDF retient à ce stade deux scénarios de rupture de ces vis :

- un dévissage de la vis consécutif à un serrage insuffisant associé à un défaut de sertissage de la coupelle frein dont le rôle est de bloquer la vis en rotation. Le dévissage de la vis peut alors conduire à son contact avec les internes de pompe, à son marquage par chocs, à son usinage, voire à sa rupture par fatigue et à son éjection vers la cuve ;
- une rupture par corrosion sous contrainte de la tête de vis au droit du raccord fût / tête, dans le cas d'un matériau de vis sensible à cette corrosion. La mauvaise tenue de la coupelle frein peut alors conduire à l'éjection simultanée de la coupelle et de la tête de vis.

Un chanfrein sur le diamètre extérieur de certaines têtes de vis est présenté par EDF comme un élément aggravant pouvant fragiliser le sertissage de la coupelle frein. La présence de vis chanfreinées ou non sur les guides d'eau des GMPP non encore expertisés n'est pas connue.

EDF reconnaît que les écarts affectant les guides d'eau des GMPP peuvent présenter un caractère générique pour les réacteurs du palier N4. En effet, le desserrage total de deux vis, avec absence de coupelles frein, et le constat de deux autres vis insuffisamment serrées avec des coupelles frein en place ont déjà été observés en 2006 sur le GMPP n° 3 du réacteur n° 1 de Civaux. Concernant l'anomalie relative à la nuance de l'acier des vis, EDF, après des recherches documentaires, estime que seuls les GMPP des réacteurs de Chooz sont concernés. En conséquence, EDF exclut la présence de vis de la mauvaise nuance pour les GMPP des 2 réacteurs de Civaux.

L'IRSN estime que les scénarios présentés par EDF sont cohérents avec les observations effectuées, mais considère, compte tenu de la conception des vis de guide d'eau et de leur longueur importante (500 mm sur le palier N4), qu'un risque de desserrage par déformation plastique des vis du fait des transitoires thermiques d'exploitation est également envisageable.

#### Conséquence pour la sûreté des réacteurs du palier N4

EDF conclut tout d'abord à l'absence de risque de blocage du rotor de GMPP en cas de corps migrants de la taille d'une tête de vis de guide d'eau. L'IRSN ne remet pas en cause cette position, comme cela a été indiqué précédemment dans son avis cité en référence [3].

Concernant l'impact de corps migrants dans la cuve, EDF estime que le risque de corrosion du revêtement en acier inoxydable de la cuve par dépassivation peut être écarté. EDF ne se positionne cependant pas sur le risque de dégradation d'une soudure de pénétration de fond de cuve en inconel 600<sup>®</sup> par corrosion sous contrainte.

S'agissant des risques de dégradation du revêtement interne d'une cuve, la position d'EDF n'est pas partagée par l'IRSN au vu de la bibliographie et du retour d'expérience disponibles. Pour l'IRSN, le risque majeur pour la sûreté résulte de l'impact sur la cuve d'un ou de plusieurs corps migrants. De tels impacts répétés peuvent en effet induire des dégradations du revêtement interne par corrosion localisée liée à une dépassivation mécanique ou par corrosion sous contrainte. Compte tenu de la cinétique des phénomènes physiques en cause et de la méconnaissance des conséquences réelles d'un impact, la possibilité d'affecter significativement le revêtement interne d'une cuve ne peut pas être écartée sur la durée d'un cycle de fonctionnement de 17 à 18 mois. En effet, les vitesses de propagation d'éventuelles fissures dans le revêtement de cuve pourraient atteindre quelques  $\mu\text{m}/\text{h}$  (à comparer à une épaisseur de revêtement de cuve de 7 mm). L'IRSN n'exclut donc pas que le fluide primaire puisse être en contact avec l'acier ferritique de la cuve en moins d'un cycle ; une dégradation de celui-ci s'amorcerait alors selon une cinétique qui, sans être très rapide au regard de la durée d'un cycle, ne peut pas être déterminée précisément au vu de la complexité des phénomènes physico-chimiques localement en jeu. L'IRSN rappelle en outre qu'il n'existe à ce jour aucun procédé de détection d'un début de fissuration par corrosion sous contrainte du revêtement interne, ni de réparation de ce revêtement, ni a fortiori de réparation de la paroi ferritique de la cuve.

En tout état de cause, tant que tout ou partie de la couche d'acier inoxydable constituée par le revêtement isole le fluide primaire de l'acier ferritique, il n'y a pas de remise en cause des fonctions de sûreté assurées par la cuve. Par contre, la mise en contact du fluide primaire avec l'acier ferritique pourrait affecter, à terme, la capacité de la cuve à assurer ces fonctions, bien qu'il n'y ait pas de risque à l'échelle d'un cycle de fonctionnement.

Par ailleurs, pour l'IRSN, une dégradation d'une soudure de pénétration de fond de cuve en inconel 600® par corrosion sous contrainte à la suite d'impacts est également envisageable. Les conséquences seraient similaires à celles exposées ci-dessus pour le revêtement interne de cuve.

**En conclusion, s'il peut raisonnablement être conclu à l'absence de remise en cause de la sûreté en exploitation sur la durée d'un cycle de fonctionnement, il n'en reste pas moins nécessaire d'éviter de dégrader la résistance de la cuve ; en effet, les conséquences des impacts sur la cuve pourraient à terme empêcher la poursuite de l'exploitation du réacteur, d'autant plus qu'il est peu crédible qu'un procédé de réparation qualifié et approuvé puisse être rapidement développé dans une perspective de mise en œuvre industrielle.**

*Surveillance en exploitation, tranche en marche, pour détecter les corps migrants.*

EDF s'appuie sur la sensibilité du système d'instrumentation d'écoute acoustique KIR pour démontrer la capacité de détection de corps migrants. EDF rappelle que ce système a subi des tests de qualification montrant la possibilité de détection de corps migrants de 50 g dans la cuve et de 40 g dans les générateurs de vapeur. EDF indique que ces capacités ont été validées par le retour d'expérience, 24 corps migrants ayant été détectés dans les générateurs de vapeur en 30 années d'exploitation.

L'IRSN s'est déjà exprimé sur la capacité de détection du système KIR dans son avis du 9 mai 2012 cité en référence [3]. La conclusion était que « *il n'est pas démontré qu'EDF dispose d'un moyen de détection, de manière rapide, de la présence de corps migrants tels que des têtes de vis de guide d'eau dans le CPP et d'éventuels impacts d'un tel corps migrant sur le fond de cuve et ses internes.* ». Aucun élément nouveau n'a été transmis depuis par EDF qui pourrait faire évoluer cette position.

Ainsi, en dépit de ce système de détection, il subsiste un risque que des chocs répétés d'un corps migrant tel qu'une tête de vis de fixation de guides d'eau sur le revêtement de la cuve ou des pénétrations de fond de cuve puissent ne pas être détectés avant d'entraîner des endommagements irréversibles de ce revêtement ou de pénétrations de fond de cuve.

Capacité des contrôles à garantir la détection, lors des arrêts, des chocs potentiellement nocifs pour la sûreté

L'IRSN n'a pas de doute sur la capacité d'EDF à déceler lors des arrêts, à l'aide des moyens de contrôle dont il dispose, la trace de chocs éventuels de parties de vis de fixation sur le revêtement de cuve ou sur les pénétrations de fond de cuve, a fortiori s'il s'agit de chocs répétés. En revanche, si de telles traces étaient détectées, il serait très difficile d'évaluer la nocivité des chocs correspondants. Notamment, il n'existe à ce jour aucun procédé de détection d'un début de fissuration par corrosion sous contrainte de ce revêtement.

Programme de contrôles des GMPP des réacteurs du palier N4

- EDF prévoit des contrôles sur au moins deux GMPP par tranche en 2013 et une extension aux autres GMPP en 2014 ou immédiatement pour les autres GMPP du réacteur contrôlé, en cas d'écart constaté. EDF rappelle aussi que, pour le réacteur n° 2 de la centrale de Civaux qui vient de terminer sa première visite décennale, des examens télévisuels (ETV) des vis de guide d'eau ont été réalisés respectivement en 2005 et 2007 sur deux GMPP. Ils n'ont montré aucun écart.

Il est à noter qu'EDF précise dans l'édition VD1 du rapport définitif de sûreté du palier N4 pour les GMPP : « *les opérations de maintenance conseillées figurent dans le guide d'entretien et d'exploitation ; en particulier, pour l'hydraulique, il est prévu dans le Programme de base de maintenance (PBMP) le démontage des quatre hydrauliques en 10 ans sur chaque tranche du palier N4...* ». L'IRSN observe qu'à ce jour, ces dispositions n'ont pas été appliquées.

En tout état de cause, l'IRSN rappelle que les ETV ne sont pas suffisants pour détecter les anomalies (cf. notamment le cas des vis des GMPP n° 1 et n° 2 de Chooz B2). De surcroît, les ETV réalisés à ce jour n'ont concerné que 5 GMPP sur les 16 équipant les réacteurs du palier N4. Au vu des désordres constatés sur les GMPP des réacteurs n° 2 de Civaux en 2006 et n° 2 de Chooz B en 2012, l'IRSN estime que le calendrier de contrôle n'apparaît pas adapté au vu des conséquences potentielles exposées précédemment pour les cuves de réacteur.

En conséquence, l'IRSN estime qu'EDF doit procéder aux visites des GMPP du réacteur n° 2 de Civaux avant sa divergence, comme cela a été recommandé précédemment pour le réacteur n° 2 de Chooz B dans l'avis cité en référence [3].

Ce point fait l'objet de la recommandation n° 1 en annexe ci-jointe.

- Pour les réacteurs n° 1 des centrales de Chooz B et de Civaux, dont l'arrêt pour simple rechargement est programmé en mars 2013, l'IRSN estime qu'une éventuelle dégradation des vis de guide d'eau de GMPP pourrait entraîner une dégradation du revêtement interne de cuve avec, comme conséquence possible, une corrosion conduisant, à terme, à un endommagement non réparable du revêtement et de la cuve, sans toutefois remettre en cause la sûreté en exploitation lors du cycle de fonctionnement en cours ; aussi, l'IRSN estime qu'EDF doit procéder au contrôle de l'état et du serrage des vis des guides d'eau de tous les GMPP (et le cas échéant corriger les écarts détectés) au plus tard lors des prochains arrêts pour rechargement. A cet égard, les contrôles pourraient concerner prioritairement le réacteur n° 1 de Chooz B en raison de l'écart de conformité concernant le matériau des vis qui est suspecté par EDF.

Ce point fait l'objet de la recommandation n° 2 en annexe.

- Par ailleurs, l'IRSN considère que les désordres multiples constatés sur la visserie des guides d'eau de GMPP du palier N4 illustrent très probablement une faiblesse de conception. Ainsi, le traitement des écarts par une remise en conformité à l'identique du montage initial apparaît acceptable, à ce stade, pour une période transitoire. L'IRSN estime qu'EDF doit réexaminer la conception de la fixation des guides d'eau des GMPP en vue de maîtriser les risques de génération de corps migrants.

Ce point fait l'objet de la recommandation n° 3 en annexe.

- S'agissant des GMPP des réacteurs des autres paliers, EDF a réalisé entre 1992 et 2004, sur la base du retour d'expérience international, des inspections du freinage des vis de guide d'eau de certains GMPP. Quelques cas de rotation de vis (3 vis sans aucun serrage et 5 autres vis avec un serrage insuffisant) ont été constatés sur un GMPP du réacteur n° 5 de Gravelines (1995) et un mauvais sertissage d'une coupelle frein de vis a été relevé sur un GMPP du réacteur n° 3 de Dampierre (1993).

L'IRSN rappelle que le contrôle du freinage des vis est requis, lors de la visite de l'hydraulique des GMPP, par les « règles nationales » d'EDF et les programmes de maintenance, sans que la périodicité (« d'au moins dix ans ») définie dans la doctrine de maintenance y soit déclinée.

Il conviendra donc qu'EDF, d'une part se prononce sur le caractère éventuellement générique de l'écart pour les paliers de réacteurs de 900 et de 1300 MWe, d'autre part propose une périodicité de contrôle du freinage des vis de guide d'eau des pompes primaires de l'ensemble du parc EDF, et fournisse les justifications associées.

En tout état de cause, compte tenu de la possibilité de dégradations similaires dans des réacteurs de 900 et de 1300 MWe, un programme d'investigations spécifique devrait être mis en place, au minimum par sondage sur quelques réacteurs lors de leur prochain arrêt pour rechargement. En cas de découverte d'anomalies, un traitement de ces anomalies et une extension des contrôles devront être mis en œuvre.

Ce point fait l'objet de la recommandation n° 4 en annexe.

En conclusion, l'IRSN considère que l'endommagement des vis de guides d'eau des GMPP qui a été constaté sur les réacteurs du palier N4 et le risque d'émission de corps migrants qui en résulte ne remettent pas en cause la sûreté en exploitation de ces réacteurs sur la durée d'un cycle de fonctionnement ; par contre, ils pourraient conduire à des endommagements irréversibles des revêtements de cuve au cours d'un tel cycle.

Aussi, si le contrôle des GMPP des réacteurs n° 1 de Chooz B et de Civaux s'avérerait nécessaire sans attendre le prochain arrêt au regard des risques de dégradation de cuve, il n'est pas indispensable d'anticiper cet arrêt au regard de la sûreté en exploitation lors du cycle en cours. Le contrôle des quatre GMPP de ces réacteurs devra donc être effectué au plus tard lors de leur prochain arrêt pour rechargement. En, revanche, s'agissant du réacteur n° 2 de Civaux, qui vient de terminer sa première visite décennale, il est préférable de réaliser ce contrôle avant son redémarrage, à l'instar de ce qui a été demandé pour le réacteur n° 2 de Chooz B.

En tout état de cause, cette anomalie générique au palier N4 doit donc être traitée de façon pérenne et un programme d'investigations spécifique devrait être mis en place pour les réacteurs de 900 et de 1300 MWe.

Pour le Directeur général de l'IRSN, par délégation,  
le Directeur général adjoint chargé de la sûreté

Thierry CHARLES

Copies :

ASN/DG            M.            le Directeur général de l'Autorité de sûreté nucléaire  
ASN/DCN        M.            le Directeur des centrales nucléaires (2 exemplaires)

ASN/Division de Bordeaux

ASN/Division de Caen

ASN/Division de Châlons-en-Champagne

ASN/Division de Lille

ASN/Division de Lyon

ASN/Division d'Orléans

ASN/Division de Strasbourg

ASN/DEP



Annexe à l'avis IRSN/2012 - 00294 du 3 juillet 2012

Recommandations

Recommandation n° 1 :

L'IRSN recommande qu'en préalable au redémarrage du réacteur n° 2 de Civaux, EDF :

- vérifie, par des contrôles visuels et par application d'un couple de serrage, l'état et le serrage des vis du guide d'eau des quatre groupes motopompes primaires (GMPP) et, le cas échéant, corrige les écarts détectés ;
- expertise les vis qui présenteraient une dégradation ;
- expertise, en cas de découverte de têtes de vis manquantes, la bague de roue et le palier hydrostatique du GMPP concerné et, le cas échéant, remplace ces pièces ; de plus, un examen télévisuel de l'enveloppe du cœur et du fond de cuve devra alors être réalisé.

Recommandation n° 2 :

L'IRSN recommande qu'EDF contrôle, dans les conditions définies à la recommandation n° 1 ci-dessus, les vis des guides d'eau de tous les GMPP des réacteurs n° 1 de Chooz B et de Civaux au plus tard lors du prochain arrêt pour rechargement de ces réacteurs.

Recommandation n° 3 :

L'IRSN recommande qu'EDF effectue une revue de conception de la fixation des guides d'eau des GMPP du palier N4 en vue de maîtriser les risques de génération de corps migrants.

Recommandation n° 4 :

L'IRSN recommande qu'EDF :

- se prononce sur le caractère éventuellement générique de l'écart relevé sur les vis de guide d'eau de GMPP pour les paliers de réacteurs de 900 et de 1300 MWe, en justifiant sa position ;
- mette en place un programme d'investigations spécifique pour les réacteurs de 900 et de 1300 MWe, au minimum par sondage sur quelques réacteurs lors de leur prochain arrêt pour rechargement. En cas de découverte d'anomalies, un traitement de ces anomalies et une extension des contrôles devront être mis en œuvre ;
- définisse une périodicité de contrôle du freinage des vis de guide d'eau des GMPP des réacteurs du parc et fournisse les justifications associées.