

Fontenay-aux-Roses, le 24 juillet 2020

Monsieur le Président de l'Autorité de sûreté nucléaire

## *Avis IRSN n° 2020-00121*

<b>Objet...</b>	EDF - REP - Examen de la stratégie d'EDF relative à la résorption de l'écart de conformité (526) affectant les moteurs RRA du palier CPY.
<b>Réf(s) ..</b>	[1] Saisine ASN - CODEP - DCN - 2020 - 030475 du 5 juin 2020. [2] Avis IRSN n° 2019-00227 du 10 octobre 2019. [3] Guide de l'ASN n°21 : Traitement des écarts de conformité à une exigence définie pour un élément important pour la protection (EIP).
<b>Nbre de page(s) ...</b>	6

Le circuit de refroidissement du réacteur à l'arrêt (RRA), qui possède deux pompes (une par voie électrique), permet d'évacuer la puissance résiduelle du cœur lorsque le réacteur est à l'arrêt. Il est de plus utilisé à moyen terme pour refroidir le réacteur en cas d'accident consécutif à une rupture de tuyauterie vapeur ou à une petite brèche sur le circuit primaire. Plus globalement, ce circuit a pour fonction le maintien de la température de l'eau du circuit primaire à une température inférieure à 60 °C.

A la suite de la défaillance du moteur RRA 001 MO du réacteur n°1 du Centre nucléaire de production d'électricité (CNPE) du Tricastin, EDF a déclaré un écart de conformité (EC) en émergence le 25 novembre 2019. Conformément à la saisine de l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) en référence [1], l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN) a examiné la stratégie d'EDF concernant le traitement de cet EC affectant potentiellement les moteurs des pompes RRA des réacteurs du palier CPY.

L'expertise de l'IRSN a porté sur trois points : la suffisance des contrôles électriques réalisés par EDF sur les moteurs des pompes RRA, l'impact de cet EC sur la qualification aux conditions accidentelles des moteurs et l'analyse de sûreté faite par EDF des conséquences de la défaillance des moteurs.

## 1 HISTORIQUE

Le 1<sup>er</sup> septembre 2019, l'exploitant du réacteur n°1 du CNPE du Tricastin a constaté la défaillance du moteur 1 RRA 001 MO. Cette défaillance était due à un défaut électrique au niveau des câbles de raccordement entre le bobinage du moteur et le boîtier de raccordement. Ce moteur était installé depuis la mise en service du réacteur (1980) et les derniers contrôles

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 8 440 546 018

MEMBRE DE

**ETSON**

EUROPEAN  
TECHNICAL SAFETY  
ORGANISATIONS  
NETWORK

électriques réalisés en juillet 2019 n'avaient pas fait apparaître de défaut particulier. EDF avait initialement estimé que cette défaillance était ponctuelle et ne prévoyait aucune action corrective, hormis le remplacement du moteur défaillant. Pour l'IRSN, les éléments présentés par EDF ne permettaient pas de conclure que la défaillance du moteur RRA était ponctuelle et ne pouvait pas se reproduire sur les équipements du même type. Ceci avait conduit l'IRSN à émettre des recommandations dans son avis en référence [2].

Par la suite, EDF a déclaré un écart de conformité en émergence pour le palier CPY<sup>1</sup> et a réalisé des mesures d'isolement non destructives appelées « mesures par tangente delta<sup>2</sup> ( $Tg\delta$ ) » sur les câbles et les moteurs des pompes RRA présents sur d'autres réacteurs du palier CPY se trouvant dans le domaine d'exploitation RCD<sup>3</sup>, afin de vérifier l'état de l'isolant des liaisons internes de connexion des moteurs.

## 2 ÉVALUATION DES CONTRÔLES PROPOSÉS PAR EDF POUR JUSTIFIER LA CAPACITÉ DES MOTEURS À ASSURER LEUR FONCTION

La nouvelle stratégie de contrôle des moteurs RRA, et notamment le contrôle des liaisons en câble souple mises en cause dans la défaillance du moteur RRA du CNPE du Tricastin, est basée sur l'exploitation des mesures d'isolement de type « mesures par tangente delta ». Cette méthode est préconisée par des organismes tel que l'Electric power research institute (EPRI) pour le diagnostic des moteurs haute tension HTA.

EDF réalise des mesures sur les câbles et les moteurs des pompes RRA en appliquant une tension de 0,55 Un à 1,15 Un sans aller au-delà pour ne pas risquer une détérioration du moteur. Pour les moteurs des pompes RRA contrôlés, EDF indique que les valeurs de  $Tg\delta$  sont homogènes et cohérentes entre elles et que les courbes obtenues en fonction de la tension d'application ne présentent pas de point d'inflexion ou d'évolution exponentielle qui serait caractéristique d'un défaut de l'isolant. Depuis le lancement de cette campagne de mesures, les critères d'acceptation des mesures ont été affinés par EDF suivant les recommandations de l'EPRI. Le critère principal retenu est désormais l'écart type (appelé aussi « déviation standard ») de mesures de  $Tg\delta$ .

EDF a indiqué qu'à ce jour aucun des moteurs des pompes RRA contrôlés ne dépasse le critère fixé ou montre une baisse de ses caractéristiques diélectriques ou d'isolement. De plus, EDF a indiqué que les contrôles se poursuivront sur les autres réacteurs du palier CPY durant la campagne d'arrêt 2020 et cela jusqu'à ce que la totalité des liaisons électriques internes de puissance des moteurs RRA ait été contrôlée.

L'IRSN souligne néanmoins que les mesures réalisées par EDF prennent en compte le moteur et ses câbles de liaison sans les dissocier. Les liaisons en câble souple ne sont pas mesurées seules. Or les isolants des câbles souples et des enroulements moteurs sont de nature différente et la proportion de l'isolant des câbles souples n'est pas prépondérante devant celle de l'isolant des enroulements des moteurs. La contribution du courant de fuite des petites liaisons en câble souple risque d'être noyée dans celle des enroulements stator.

---

1 Les autres paliers ne sont pas concernés. En effet, sur les pompes RRA des réacteurs du palier CP0, le cheminement des liaisons internes est rectiligne sans rayon de courbure et sans proximité à la masse et, sur les pompes RRA des réacteurs des paliers 1300 MWe et N4, les liaisons internes sont des conducteurs rigides.

2 Mesure par tangente delta : Le principe de la mesure par tangente delta est basé sur des mesures de courants de fuite à travers l'isolant d'un câble lorsqu'on lui applique des niveaux de tension alternative (0,1 Hz) entre l'âme et la masse. Le courant de fuite est constitué d'une composante résistive et d'une composante capacitive ; la valeur « tangente delta » ( $Tg\delta$ ) est calculée en faisant le rapport entre le courant résistif et le courant capacitif circulant dans l'isolant.

3 RCD : Réacteur Complètement Déchargé.

Par ailleurs, la définition de critères d'acceptabilité nécessite plusieurs mesures et la tension de test est limitée à 1,15 Un pour ne pas détériorer les enroulements des moteurs (alors qu'habituellement, pour tester les câbles seuls, les tensions de test vont jusqu'à 2 Un). De plus, les résultats de mesures par Tg $\delta$  transmis sont tous identiques, ce qui questionne sur la limite de détection et la performance effective de ce dispositif de contrôle, les câbles testés ayant plus de 30 ans. Enfin, la méthodologie préconisée par le guide EPRI est de comparer la tendance de plusieurs campagnes de mesures dans le temps. Or, EDF n'a réalisé qu'une campagne de mesures sur une partie des moteurs des pompes RRA et ne dispose donc pas actuellement d'éléments de comparaison permettant de détecter une évolution de la qualité de l'isolant.

L'IRSN considère ainsi que les mesures réalisées par l'exploitant n'ont pas été faites dans des conditions qui permettraient une caractérisation optimale de l'isolation des câbles des liaisons internes qui sont la cause de la défaillance du moteur de la pompe RRA survenue sur le site du Tricastin. Compte tenu du caractère insuffisamment prédictif des mesures effectuées par EDF concernant les liaisons internes en câble souple, l'IRSN estime qu'EDF doit améliorer sa stratégie de contrôle des moteurs des pompes RRA. **Ce point fait l'objet de la recommandation n° 1 en annexe.**

### 3 ÉCART POTENTIEL DE QUALIFICATION

L'expertise du constructeur sur le moteur de la pompe RRA défaillant a montré que les contraintes appliquées sur les liaisons internes en câble souple, lors du montage du moteur (rayon de courbure et proximité de la masse), sont à l'origine de la défaillance. EDF n'a pas apporté d'éléments indiquant que ce type de montage était particulier au moteur incriminé.

L'IRSN estime que l'état d'un moteur ainsi monté n'était pas conforme à la qualification initiale qui ne prend pas en compte de liaisons internes en câble souple ainsi coudées et proches de la masse. Notamment, la courbure du câble du moteur en défaut ne semble pas être conforme au rayon de courbure minimum spécifié, à savoir 90 mm pour le type de câble concerné.

Il est à noter qu'EDF a procédé au remplacement du moteur défaillant sur le site du Tricastin par un moteur neuf monté avec des liaisons internes rigides.

Étant donné que les autres moteurs des pompes RRA des réacteurs du palier CPY possèdent les mêmes liaisons internes en câble souple, l'IRSN estime que l'écart de montage constaté sur le moteur défaillant sur le site du Tricastin est potentiellement générique à l'ensemble de ces moteurs.

De plus, l'IRSN souligne les points suivants :

- la qualification des liaisons internes en câble souple des moteurs des pompes RRA des réacteurs du palier CPY ne s'appuie pas sur des essais. La qualification a été prononcée par analyse sur la base d'un câble de nature identique (Hypalon), mais sans considération de montage et en particulier de coude et de la proximité de la masse ;
- la qualification des liaisons internes en câble souple des moteurs des pompes RRA des réacteurs du palier CP0 a aussi été prononcée par analyse. Cependant, contrairement aux pompes RRA présentes sur les réacteurs du palier CPY, le passage des liaisons dans le logement étanche est rectiligne (pas de coude) et ne présente pas de proximité avec des parties métalliques ;

- les liaisons internes montées sur les pompes RRA des réacteurs des paliers 1300 MWe et N4 sont des liaisons rigides qui ont été qualifiées par essai ;
- le constructeur préconise depuis 1989 une mise en conformité des liaisons internes en remplaçant les câbles souples par des connexions rigides.

L'IRSN estime donc que la qualification K1 des raccordements des moteurs des pompes RRA des réacteurs du palier CPY avec des liaisons internes en câble souple coudé n'a pas été démontrée.

Récemment, EDF a proposé une qualification complémentaire et éventuellement un remplacement des liaisons internes. L'IRSN prend note des intentions d'EDF, mais constate qu'elles restent floues en termes d'échéance de remise en conformité effective des installations. **Ce point fait l'objet de la recommandation n° 2 en annexe.**

## 4 ÉVALUATION DE L'ANALYSE DE SÛRETÉ ASSOCIÉE À L'ÉCART DE CONFORMITÉ

À l'appui de sa déclaration d'écart de conformité en émergence, EDF a transmis une analyse de sûreté justifiant que la défaillance d'un, voire de deux moteurs de pompes RRA, ne remet pas en cause le retour et le maintien de l'installation dans un état sûr.

EDF considère que le résultat de l'ensemble des études des transitoires du rapport de sûreté n'est pas modifié par la défaillance des deux moteurs de pompe RRA, cas le plus pénalisant, lorsque l'installation est initialement dans un état où la puissance est évacuée par les générateurs de vapeur (GV). EDF indique que, pour ces transitoires, la perte totale du RRA est palliée par l'utilisation d'un ou de plusieurs générateurs de vapeur qui évacuent la puissance résiduelle. EDF étend cette conclusion aux situations de perte totale du RRA, considérées en tant qu'initiateur ou en cumul d'un autre événement, survenant lorsque l'état du circuit primaire est fermé ou non suffisamment ouvert<sup>4</sup>.

L'IRSN note tout d'abord que, pour les transitoires de rupture de tube de GV de la quatrième catégorie des études d'accident, la perte des deux pompes RRA conduit à une augmentation, certes limitée, des rejets, et que l'existence d'un chemin sûr au sens du guide n° 21 [3] tient au fait que la bâche du système de traitement et de refroidissement des piscines (PTR) peut être réalimentée durablement à l'initiative des équipes de crise.

Pour les autres transitoires, l'IRSN estime que le repli prévu par EDF constitue bien un état sûr au sens du guide n° 21 de l'ASN, la bâche ASG<sup>5</sup> pouvant être réalimentée durablement, sauf dans les situations où les GV sont perdus par ailleurs. Pour ces situations où les GV ne sont pas valorisables, l'IRSN considère que le fonctionnement en mode gavé-ouvert<sup>6</sup> peut être considéré comme un état sûr au sens du guide n° 21.

Pour le cas particulier de la perte des pompes RRA survenant lorsque le circuit primaire est non suffisamment ouvert, l'écart de conformité augmentant fortement la probabilité de la perte des pompes du RRA, l'IRSN estime qu'EDF doit anticiper une modification prévue dans le cadre du quatrième réexamen périodique des réacteurs de 900 MWe (VD4

<sup>4</sup> Il s'agit des états dans lesquels le circuit primaire est ouvert via au moins une des lignes d'évents du pressuriseur et les trous d'homme du pressuriseur et des GV sont fermés.

<sup>5</sup> ASG : circuit d'alimentation de secours en eau des générateurs de vapeur.

<sup>6</sup> La conduite en « gavé-ouvert » permet l'évacuation de la puissance résiduelle par ouverture des soupapes du pressuriseur et injection d'eau froide dans le cœur via le circuit d'injection de sécurité.

900) qui a pour objectif de permettre la remise en service d'un appoint au circuit primaire dans des cas où il aurait pu être arrêté abusivement et où il est nécessaire. **Ce point fait l'objet de la recommandation n° 3 en annexe.**

Enfin, l'IRSN estime que, dans les états dans lesquels le circuit primaire est suffisamment ouvert, il existe également un chemin sûr au sens du guide ASN n° 21. En effet, la perte des deux voies du système RRA en tant qu'initiateur est prévue par les procédures de conduite. En outre, la mise en œuvre du secours du RRA par le système PTR sera dans un tel cas probablement demandée par les équipes de crise et permettrait d'évacuer la puissance résiduelle.

Pour le Directeur général et par délégation,  
Frédérique PICHEREAU  
Adjointe au Directeur de l'expertise de sûreté

## Annexe à l'avis IRSN n° 2020-00121 du 24 juillet 2020

### Recommandations de l'IRSN

#### *Recommandation n° 1*

Dans l'attente du traitement pérenne de l'écart de conformité affectant les moteurs des pompes RRA des réacteurs du palier CPY, l'IRSN recommande qu'EDF :

- améliore la détection et la caractérisation des signaux faibles de dégradation de l'isolation des liaisons internes en câble souple de ces moteurs ;
- réalise des contrôles périodiques, avec une périodicité à justifier, de l'isolation de ces moteurs et des câbles associés.

#### *Recommandation n° 2*

L'IRSN recommande que l'écart de conformité relatif à la qualification des moteurs des pompes RRA des réacteurs du palier CPY soit résorbé au plus tôt. Dans ce cadre, EDF devra présenter dans les meilleurs délais un planning de résorption de l'écart.

#### *Recommandation n° 3*

L'IRSN recommande qu'EDF intègre de façon anticipée, dans les procédures de conduite des réacteurs du palier CPY qui ne sont pas encore à l'état VD4, la modification qui permet, lorsque le circuit primaire est non suffisamment ouvert, de mettre en service un appoint lorsque la pression primaire est inférieure à 28 bars relatifs (même si elle a été à un moment donné supérieure à cette valeur).