

Fontenay-Aux-Roses, le 17 novembre 2022

Monsieur le Président de l'Autorité de sûreté nucléaire

## AVIS IRSN N° 2022-00217

---

<b>Objet :</b>	<b>Demande de modification temporaire des RGE – demande d'autorisation pour le traitement de dépassement de périodicité des essais physiques hebdomadaire et 30 JEPP en prolongation de cycle.</b>
<b>Réf. :</b>	Lettre ASN - CODEP-OLS-2022-052464 du 24 octobre 2022.

---

Conformément à la demande de l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) en référence, l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN) a examiné les éléments transmis par EDF relatifs à la demande d'autorisation de modification, sur le réacteur n° 2 du centre nucléaire de production d'électricité (CNPE) de Saint-Laurent (palier 900 MWe) pour la fin de son cycle 36, portant sur les évolutions du chapitre X<sup>1</sup> des règles générales d'exploitation (RGE).

### 1. CONTEXTE

Le réacteur n° 2 du CNPE de Saint-Laurent a été arrêté le 11 août 2022 pour économie du combustible alors qu'il fonctionnait en prolongation de cycle<sup>2</sup>. Dans un contexte de prévision d'équilibre du réseau électrique français exceptionnellement tendu à l'hiver 2022, le redémarrage de ce réacteur est, à ce jour, prévu après le 15 novembre, après plus de trois mois d'arrêt.

---

<sup>1</sup> Le chapitre X des RGE définit les programmes d'essais physiques du cœur à mettre en œuvre au redémarrage après déchargement puis renouvellement d'une partie du combustible, ainsi qu'en cours de cycle.

<sup>2</sup> La prolongation de cycle consiste à exploiter le réacteur au-delà de la longueur naturelle de campagne en abaissant progressivement la puissance maximale disponible et la température moyenne du réacteur. La longueur naturelle de campagne correspond à l'irradiation que peut supporter le cœur jusqu'à l'atteinte d'une concentration en bore nulle dans le circuit primaire.

La règle pour la réalisation des essais physiques en cours et en prolongation de cycle (REPC) du système de mesure de la puissance nucléaire (RPN<sup>3</sup>) du chapitre X des RGE prescrit, en prolongation de cycle, de réaliser notamment :

- un essai de périodicité hebdomadaire visant à déterminer et réactualiser les limites du domaine I du diagramme de pilotage<sup>4</sup> ;
- un essai de carte de flux<sup>5</sup> de périodicité 30 JEPP<sup>6</sup> (assortie d'une butée calendaire de 60 jours) visant à contrôler le calibrage des chaînes nucléaires en niveau puissance<sup>7</sup> (CNP).

À la suite de l'arrêt du réacteur n° 2 de Saint-Laurent le 11 août 2022, la périodicité de l'essai hebdomadaire a été dépassée et la butée calendaire de 60 jours associée à l'essai de périodicité 30 JEPP a été franchie le 25 septembre 2022.

En cas de non-respect de la périodicité ou de la butée calendaire, les conduites à tenir prescrites par les REPC pour ces deux essais ne sont applicables qu'en cours de cycle naturel et non en prolongation de cycle.

La demande d'EDF de modification temporaire des RGE a pour objectif de définir les modalités de traitement suite au dépassement de la périodicité des essais hebdomadaires et de périodicité 30 JEPP / 60 jours calendaires à réaliser en prolongation de cycle. Dans ce cadre, EDF prévoit la mise en œuvre de plusieurs mesures compensatoires visant, d'une part, à garantir la sûreté du réacteur lors de la montée en puissance afin de réaliser au plus tôt ces deux essais et, d'autre part, à pallier une éventuelle dérive électronique des CNP entraînant une perte de représentativité.

En conséquence, l'ASN sollicite l'avis de l'IRSN sur l'acceptabilité au plan de la sûreté de la demande de modification temporaire transmise par EDF portant sur les évolutions du chapitre X des RGE.

## 2. DEPASSEMENT DE PERIODICITE DE L'ESSAI PHYSIQUE HEBDOMADAIRE

La REPC prescrit la réalisation d'un essai de détermination et de réactualisation du domaine I du diagramme de pilotage avec une périodicité hebdomadaire en prolongation de cycle.

Afin de traiter le dépassement de la périodicité hebdomadaire de cet essai, EDF prévoit de :

- réaliser une remontée en puissance avec les groupes de compensation de puissance<sup>8</sup> (GCP) extraits et non insérées. Cette stratégie vise, d'une part, à éviter un événement fortuit sur les GCP, d'autre part à limiter les effluents ;

<sup>3</sup> Système d'instrumentation externe du cœur. Ce système de mesure neutronique est notamment utilisé par les chaînes de surveillance et de protection du cœur.

<sup>4</sup> Le diagramme de pilotage définit, dans le plan « puissance relative / déséquilibre axial de puissance », deux domaines :

- le domaine II dont les limites absolues et constantes ne doivent pas être dépassées ;
- le domaine I, plus restreint, duquel il n'est possible de sortir (pour aller dans le domaine II) que sous certaines conditions.

Le déséquilibre axial de puissance est le déséquilibre de puissance entre la moitié supérieure et inférieure du cœur.

<sup>5</sup> Lors de la réalisation d'une carte de flux, la distribution de puissance dans le cœur est mesurée. Les cartes de flux sont notamment utilisées pour vérifier la conformité du cœur et pour calibrer les chaînes nucléaires en niveau puissance (CNP).

<sup>6</sup> Jours Équivalents à Pleine Puissance : 1 JEPP représente l'énergie fournie en 24 heures par un réacteur fonctionnant à puissance nominale.

<sup>7</sup> Les CNP sont des capteurs permettant de suivre l'état neutronique du réacteur lors des phases de production d'électricité.

<sup>8</sup> Les GCP permettent de compenser les variations rapides de réactivité liées au pilotage du réacteur lorsqu'il est en puissance et de contrôler la répartition de la puissance dans le cœur. La réactivité d'un milieu correspond à sa capacité à multiplier une population neutronique.

- piloter le réacteur dans le domaine II autorisé conformément aux spécifications techniques d'exploitation<sup>9</sup> (STE). L'apparition de la pré-alarme 2 RPN 900 AA annonce le rapprochement vers la limite de ce domaine. EDF prévoit d'une part de limiter la durée cumulée de présence de cette pré-alarme à 30 minutes sur toute la montée en puissance. D'autre part, en cas d'apparition de la pré-alarme, EDF prévoit que des actions pour limiter le déséquilibre axial de puissance seront mises en œuvre dans un délai inférieur à cinq minutes.

De manière générale, l'IRSN estime ces actions prévues satisfaisantes.

En outre, EDF précise que le domaine de pilotage actuellement implanté est conservatif et ne nécessite pas de mesures compensatoires supplémentaires, du fait de l'évolution positive en prolongation de cycle du déséquilibre axial de puissance de référence. Par ailleurs, au cours de l'expertise, EDF a effectué une simulation montrant que la stratégie de remontée en puissance retenue permet de respecter le domaine II du diagramme de pilotage, ce qui justifie la pertinence de cette stratégie.

**Ainsi, l'IRSN estime acceptables les adaptations prévues par EDF pour gérer le dépassement de la périodicité hebdomadaire de l'essai de détermination et de réactualisation du domaine I du diagramme de pilotage en prolongation de cycle.**

### **3. DEPASSEMENT DE LA BUTEE CALENDRAIRE DE L'ESSAI DE CALIBRAGE DE PÉRIODICITÉ 30 JEPP**

La REPC prescrit, en cycle naturel, une conduite à tenir en cas de non-respect de la périodicité de 30 JEPP (assortie d'une butée calendaire de 60 jours) de réalisation d'une carte de flux. En prolongation de cycle, si la REPC prescrit cet essai avec la même périodicité, elle ne prévoit toutefois pas de conduite à tenir en cas de dépassement.

Afin de traiter ce dépassement, EDF propose d'étendre la conduite à tenir prévue en cycle naturel au cas particulier de l'arrêt long du réacteur n° 2 du CNPE de Saint-Laurent en prolongation de cycle. En particulier, EDF prévoit de :

- diminuer le seuil de la chaîne de protection « haut flux nucléaire » sur les CNP afin de compenser un éventuel sous-conservatisme de la puissance nucléaire reconstruite par les CNP à partir de coefficients de calibrage potentiellement non-représentatifs de la distribution de puissance dans le cœur ;
- vérifier la disponibilité du matériel nécessaire à la réalisation des cartes de flux et à l'implantation des paramètres associés ;
- réaliser les essais dès l'atteinte de la puissance maximale disponible sans indisponibilité<sup>10</sup> (PMDs) ou du premier palier de puissance supérieur à 50% Pn<sup>11</sup> et quand les conditions requises pour chaque essai sont respectées.

La suffisance de cette conduite à tenir dépend de l'impact de l'arrêt long à la suite de la prolongation de cycle du CNPE de Saint-Laurent 2 sur le cœur et sur le comportement des CNP, objet des paragraphes suivants.

---

<sup>9</sup> Les STE décrivent les prescriptions à appliquer lors de toutes les phases d'activité du réacteur en fonctionnement normal. Elles correspondent au chapitre III des RGE.

<sup>10</sup> La PMDs est la puissance électrique maximale de fonctionnement possible du cœur hors aléas.

<sup>11</sup> La puissance neutronique mesurée est exprimée en pourcentages de la puissance nominale (% Pn) déduite du courant d'un détecteur après calibrage.

### 3.1. PRISE EN COMPTE DU L'EFFET DU VIEILLISSEMENT DU CŒUR

Les essais de suivi du cœur et de calibrage des CNP, requis par la REPC, sont réalisés périodiquement en cours de cycle pour surveiller les effets de l'irradiation sur les paramètres physiques du cœur. Pour ce qui concerne le réacteur n° 2 de Saint-Laurent, la dernière carte de flux a été réalisée le 27 juillet 2022 (soit environ 15 JEPP avant la mise à l'arrêt du réacteur) et le dernier contrôle du calibrage des CNP a été effectué la veille de la mise à l'arrêt du réacteur. EDF considère donc que les chaînes CNP disposent d'une bonne représentativité du cœur avant la mise à l'arrêt.

Le vieillissement du cœur à la suite d'un arrêt long se traduit par une évolution de la composition isotopique des assemblages de combustible irradiés, ce qui pourrait modifier les paramètres physiques du cœur<sup>12</sup>. Le retour d'expérience apporté par EDF montre que l'arrêt prolongé de plus de six mois à la suite d'un cycle naturel en gestion de combustible Parité MOX identique du réacteur n° 1 du CNPE de Dampierre (durée d'arrêt supérieur à celui du réacteur n°2 du CNPE de Saint-Laurent) n'a pas mis en évidence de modifications significatives de ces paramètres.

De plus, le fonctionnement en prolongation de cycle du réacteur n° 2 du CNPE de Saint-Laurent à puissance maximale disponible avec les GCP extraits est plus favorable qu'avec les GCP insérées en cycle naturel au regard des marges de sûreté.

Enfin, EDF a apporté des éléments justifiant l'existence de marges significatives pour l'ensemble des paramètres clés vérifiés lors de l'évaluation de sûreté de la recharge au cours de ce cycle<sup>13</sup>. Ainsi, ces marges sont suffisantes pour compenser le vieillissement du cœur provoqué par l'arrêt prolongé du réacteur n° 2 du CNPE de Saint-Laurent.

**l'IRSN estime acceptables les justifications apportées par EDF permettant de s'assurer du respect de la démonstration de sûreté, sous réserve de l'absence de dérive des CNP.**

### 3.2. PRISE EN COMPTE DE L'EFFET DU VIEILLISSEMENT DES CNP

La butée calendaire de 60 jours assortie à l'essai de périodicité 30 JEPP en prolongation de cycle permet de limiter une dérive éventuelle des CNP hors irradiation. Le suivi du vieillissement des CNP est réalisé à chaque campagne d'irradiation par la réalisation des courbes de saturation<sup>14</sup> de chaque CNP. Au cours de l'expertise, EDF a apporté des éléments permettant de vérifier que les courbes de saturation des dernières années ne révèlent pas de dégradation des CNP, les plus récentes datant de juillet 2022. De plus, le retour d'expérience des précédents arrêts longs en cours de cycle naturel du réacteur n° 1 du CNPE de Dampierre au cycle 37 et du réacteur n° 1 du CNPE du Tricastin au cycle 35 ne met pas en évidence de dérive des CNP.

**Compte tenu de ces éléments, l'IRSN a la raisonnable assurance que l'arrêt long en prolongation de cycle du réacteur n° 2 du CNPE de Saint-Laurent n'est pas de nature à conduire à une dérive des CNP.**

<sup>12</sup> Le vieillissement du cœur à la suite d'un arrêt long se traduit par une dégradation de la réactivité du combustible irradié en fonction de la durée hors flux. Certains isotopes voient leur teneur décroître tandis que d'autres ont tendances à s'accumuler. Ceci génère donc une modification de la distribution de puissance et une baisse de la réactivité globale du cœur. Les assemblages riches en plutonium sont plus sensibles à ce phénomène.

<sup>13</sup> Des vérifications sont menées par EDF avant toute nouvelle campagne d'irradiation pour confirmer la sûreté de la recharge. La démarche consiste à vérifier que, pour chaque nouveau cycle, un certain nombre de paramètres neutroniques, dits paramètres clés, respecte les valeurs limites établies dans les études d'accident du rapport de sûreté.

<sup>14</sup> La courbe de saturation d'une CNP correspond au tracé de l'évolution du courant produit par la CNP en fonction de la haute tension d'alimentation. Il permet de suivre le vieillissement d'une CNP.

### **3.3. CONCLUSION SUR LA CONDUITE À TENIR EN PROLONGATION DE CYCLE**

EDF a transmis des éléments montrant l'absence d'impact de l'arrêt long à la suite de la prolongation de cycle du réacteur n°2 du CNPE du réacteur Saint-Laurent sur le cœur et sur le comportement des CNP.

En conséquence, l'IRSN estime que la conduite à tenir en cas de non-respect de la périodicité 30 JEPP / butée calendaire de 60 jours peut être étendue en prolongation de cycle pour ce réacteur.

## **4. MESURES COMPENSATOIRES**

En plus des dispositions précédemment présentées, EDF prévoit des mesures compensatoires afin notamment de ne pas générer volontairement d'évènements mettant en cause les hypothèses de la démonstration de sûreté pendant les essais et d'éviter toute intervention de maintenance préventive sur les matériels nécessaires au contrôle des effluents et susceptibles de prolonger la durée de montée en puissance.

**L'IRSN estime acceptables ces mesures compensatoires dans la mesure où elles visent à garantir l'efficacité de la stratégie de montée en puissance retenue par EDF.**

## **5. CONCLUSION**

Compte tenu de l'analyse présentée par EDF et des mesures compensatoires mises en œuvre, l'IRSN estime acceptables, du point de vue de la sûreté, les modifications temporaires du chapitre X des RGE telles que prévues par EDF pour la fin du cycle 36 du réacteur n° 2 du CNPE de Saint-Laurent.

### **IRSN**

Le Directeur général  
Par délégation  
Franck DUBOIS  
Chef du service de maîtrise  
des incidents et des accidents