



RÉPUBLIQUE  
FRANÇAISE

Liberté  
Égalité  
Fraternité

**IRSN**  
INSTITUT DE RADIOPROTECTION  
ET DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE

Fontenay-Aux-Roses, le 15 décembre 2020

Monsieur le Président de l'Autorité de sûreté nucléaire

## AVIS IRSN N° 2020-00203

**Objet :** EDF – REP – Tous paliers – Essais fonctionnels cuve ouverte (EFCO) du système d'injection de sécurité – Non-prise en compte de la concentration en bore et de la méthode d'interpolation polynomiale dans la vérification des critères de sûreté des pompes d'injection de sécurité.

**Réf. :** Saisine cadre ASN – DEP-SD2-010-2006 du 17 février 2006.

Conformément à la demande de l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) en référence, l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN) a expertisé les résultats des essais périodiques (EP) réalisés pendant la troisième visite décennale (VD3) du réacteur n° 1 de la centrale nucléaire de Nogent-sur-Seine, en 2019. Cette expertise a mis en évidence des pratiques génériques qui pourraient conduire à valider, à tort, les critères de sûreté des pompes de sauvegarde du système d'injection de sécurité (RIS)<sup>1</sup> lors des essais fonctionnels cuve ouverte (EFCO).

Pour rappel, le système RIS assure, en situation accidentelle, l'injection d'eau borée dans le circuit primaire afin de maintenir la sous-criticité du réacteur, d'éviter le dénoyage du combustible nucléaire en compensant la perte de l'eau à la brèche et d'évacuer la puissance résiduelle qui continue de se dégager du combustible après l'arrêt du réacteur. Dans une première phase, l'eau borée est injectée à partir d'un réservoir du système de refroidissement des piscines puis, dans une seconde phase, dite de recirculation, à partir des puisards situés dans le bâtiment du réacteur. La disponibilité des pompes RIS est vérifiée lors des EFCO dans différentes configurations d'injection afin de s'assurer que le couple débit (Q) et hauteur manométrique totale (HMT) de la pompe testée se situe entre des courbes minimales et maximales de sûreté. Cette vérification, associée à un critère de groupe A<sup>2</sup>, est réalisée avec une périodicité d'un à quatre rechargements selon les paliers.

Durant la VD3 du réacteur n° 1 de la centrale nucléaire de Nogent-sur-Seine, un léger dépassement du critère maximal de sûreté d'une pompe RIS a été constaté dans la configuration d'injection en branche froide. Selon les services centraux d'EDF, cet écart était lié, d'une part à la prise en compte de la masse volumique d'une eau « pure » au lieu de celle d'une eau borée dans le calcul de la HMT de la pompe, d'autre part à l'estimation de la valeur de la HMT maximale à ne pas dépasser à partir d'une interpolation linéaire des points déterminés<sup>3</sup>

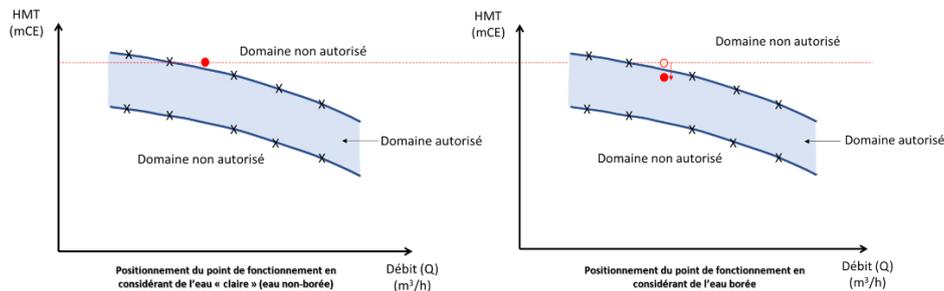
<sup>1</sup> Sur les réacteurs de 900 MWe, la fonction d'injection de sécurité haute pression est assurée par les pompes du système de contrôle volumétrique et chimique (RCV) du circuit primaire.

<sup>2</sup> Sont classés de groupe A, les critères d'essais dont le non-respect compromet un ou plusieurs objectifs de sûreté.

<sup>3</sup> Points permettant de tracer le domaine (Q ; HMT) de fonctionnement autorisé.

MEMBRE DE  
**ETSON**

dans la règle d'essais périodiques du système RIS, alors que les études supports à la démonstration de sûreté valorisent l'utilisation d'une interpolation polynomiale. En prenant en compte ces éléments (c'est-à-dire la masse volumique d'une eau borée et en utilisant une interpolation polynomiale), un nouveau calcul a démontré le respect du critère de sûreté de la pompe RIS. En effet, ce calcul a conduit à baisser de 2 mCE<sup>4</sup> la HMT initialement obtenue et à augmenter de 4,5 mCE le critère sur la HMT maximale, tel que la figure 1 ci-dessous l'illustre.

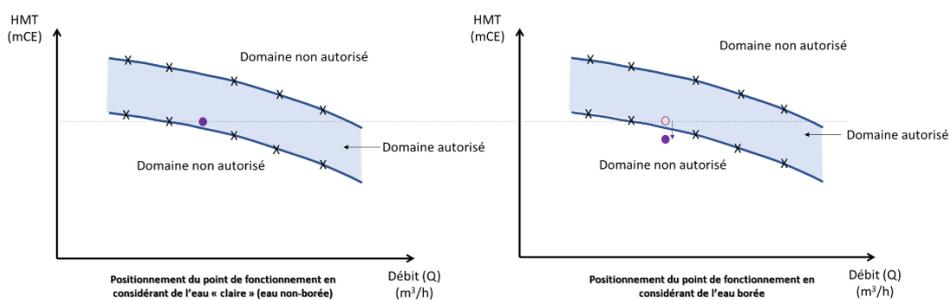


**Figure 1 : Impact de la prise en compte du bore sur la HMT mesurée de la pompe - Illustration du cas de figure d'une pompe RIS de Nogent-sur-Seine.**

L'utilisation de la masse volumique d'une eau non-borée pour le calcul de la HMT lors des EFCO a également été relevée à plusieurs reprises par l'ASN et l'IRSN lors de l'expertise des résultats des essais de redémarrage de réacteurs à la suite de leur arrêt pour renouvellement du combustible. En effet, le logiciel utilisé sur les sites est celui fourni par les services centraux d'EDF, qui impose de considérer la masse volumique d'une eau non-borée. Enfin, le choix d'une interpolation linéaire ou polynomiale dans la détermination des limites minimales et maximales de la HMT des pompes RIS (courbes supérieure et inférieure du domaine de fonctionnement (Q ; HMT)) est laissé à l'appréciation des sites.

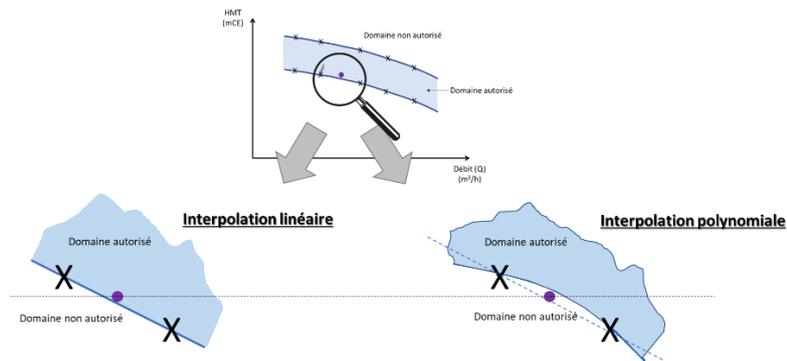
**Pour l'IRSN, le fluide aspiré par les pompes d'injection de sécurité étant de l'eau borée, les critères de sûreté doivent être vérifiés en prenant en compte la masse volumique de cette eau lors des EFCO.**

L'analyse des relevés des essais réalisés sur le site de Nogent-sur-Seine met en évidence que les méthodes de calcul utilisées sur le parc, qui surévaluent légèrement la valeur de la HMT des pompes RIS et sous-évaluent légèrement la courbe inférieure de sûreté (Q ; HMT) (cf. figure 1), peuvent conduire à valider, à tort, des critères de sûreté si le couple (Q ; HMT) de la pompe testée (cf. point violet de la figure 2) se situe légèrement au-dessus de la courbe minimale à respecter. L'impact faible, mais non négligeable, de ces méthodes sur les résultats des EFCO a été confirmé par EDF.



**Figure 2 : Impact de la prise en compte du bore sur la HMT mesurée de la pompe - Cas d'une HMT de pompe mesurée proche de la courbe inférieure du domaine de fonctionnement autorisé.**

<sup>4</sup> Mètre de colonne d'eau.



**Figure 3 : Impact du choix de l'interpolation sur la définition du domaine de fonctionnement autorisé – Cas d'une HMT de pompe mesurée proche de la courbe inférieure du domaine de fonctionnement autorisé.**

Au vu des exigences de sûreté assignées au système de sauvegarde RIS, l'IRSN estime qu'EDF doit analyser les résultats des derniers EFCO réalisés sur l'ensemble des réacteurs du parc en exploitation afin de s'assurer du respect des critères de sûreté des pompes RIS en considérant la masse volumique d'une eau borée et en utilisant une interpolation polynomiale dans la définition des critères de sûreté (cf. Figure 3). EDF a indiqué, lors de différents échanges, qu'une telle vérification était en cours. **Toutefois, EDF ne s'étant pas formellement engagé pour cette vérification et n'ayant pas précisé de délai de réalisation, l'IRSN formule la recommandation n° 1 en annexe.**

Par ailleurs, la prise en compte de la masse volumique d'une eau borée et de la méthode d'interpolation polynomiale n'étant pas explicitement mentionnée dans les règles d'essais périodiques du système RIS, l'IRSN estime qu'EDF doit compléter ces documents, ainsi que les gammes opératoires associées, pour prescrire leur utilisation lors des EFCO. Pour rappel, la prise en compte de la masse volumique d'une eau borée est prescrite, ponctuellement, par une fiche d'amendement à la règle d'essais du système RIS du palier CPY, dans le cadre d'un nouvel essai des performances des pompes d'injection de sécurité à haute pression, de périodicité décennale. **Ce point fait l'objet de la recommandation n° 2 en annexe.**

Enfin, l'IRSN n'exclut pas que la masse volumique d'une eau non-borée soit utilisée au lieu de celle d'une eau borée dans la définition de critères sûreté vérifiés dans le cadre du chapitre IX des règles générales d'exploitation pour des essais périodiques autres que ceux des EFCO du système RIS. De ce fait, l'IRSN estime nécessaire qu'EDF s'assure que d'autres essais périodiques ne sont pas également concernés par cette anomalie de calcul. **Ce point fait l'objet de la recommandation n° 3 en annexe.**

**IRSN**

Le Directeur général

Par délégation

Hervé BODINEAU

Adjoint au Directeur de l'expertise de sûreté

## ANNEXE À L'AVIS IRSN N° 2020-00203 DU 15 DÉCEMBRE 2020

### Recommandations de l'IRSN

#### Recommandation n° 1

L'IRSN recommande qu'EDF finalise rapidement la vérification des résultats des derniers essais fonctionnels cuve ouverte des pompes d'injection de sécurité réalisés sur le parc, en considérant dans la définition des critères de sûreté la masse volumique d'une eau borée et en utilisant une interpolation polynomiale pour déterminer le domaine de fonctionnement (Q ; HMT) autorisé.

#### Recommandation n° 2

L'IRSN recommande qu'EDF complète les règles d'essais périodiques du système RIS (tous paliers), ainsi que les gammes opératoires associées, pour prescrire la prise en compte de la masse volumique d'une eau borée dans le calcul de la hauteur manométrique totale des pompes d'injection de sécurité lors des essais fonctionnels cuve ouverte et l'utilisation d'une interpolation polynomiale dans la détermination du domaine de fonctionnement autorisé (Q ; HMT).

#### Recommandation n° 3

L'IRSN recommande qu'EDF s'assure qu'il n'y a pas d'autres essais périodiques concernés par la vérification de critères de sûreté prenant en compte la masse volumique d'une eau « pure » au lieu d'une eau borée.