

Fontenay-aux-Roses, le 31 mars 2021

Monsieur le Président de l'Autorité de sûreté nucléaire

## AVIS IRSN N° 2021-00049

---

**Objet :** Dossiers d'options des principaux équipements sous pression nucléaires destinés aux futurs réacteurs EPR2.

---

**Réf. :** [1] Arrêté du 30 décembre 2015 modifié relatif aux équipements sous pression nucléaires et à certains accessoires de sécurité destinés à leur protection.  
[2] Lettre ASN – CODEP-DEP-2020-033702 du 8 juillet 2020.  
[3] Avis ASN – 2019-AV-0329 du 16 juillet 2019.

---

L'arrêté du 30 décembre 2015 modifié, cité en première référence, dispose que « Tout fabricant qui prévoit de fabriquer [un équipement sous pression nucléaire] peut demander à l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) un avis sur tout ou partie des options qu'il a retenues pour assurer et démontrer la conformité aux exigences essentielles de sécurité [...] ». Dans ce cadre, Framatome et EDF<sup>1</sup> ont soumis à l'avis de l'ASN un dossier d'options pour chacun des principaux équipements sous pression nucléaires des futurs réacteurs EPR2, dont EDF envisage la construction. L'ASN a sollicité, par lettre citée en deuxième référence, l'avis de l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN) sur les dossiers d'options des tuyauteries primaires principales et de la ligne d'expansion du pressuriseur (LEP), des groupes motopompes primaires (GMPP), des mécanismes de commande de grappes, du pressuriseur et des tuyauteries de vapeur principales (VVP). L'IRSN a donc examiné les principales options de ces équipements, et plus particulièrement les situations de fonctionnement et charges retenues, les éléments de retour d'expérience pris en compte et l'impact sur la sûreté des différentes évolutions de conception au regard des options retenues pour le parc en exploitation et l'EPR de Flamanville.

Dans les dossiers d'options des équipements susmentionnés, Framatome et EDF fournissent à titre indicatif des valeurs extrêmes de pression et température qui seront vues par ces équipements pour les différentes situations de fonctionnement. Ces valeurs apparaissent très similaires à celles retenues jusqu'à présent sur le parc en exploitation et pour l'EPR de Flamanville. La durée de vie envisagée pour ces équipements est de 60 ans. En complément, Framatome et EDF ont indiqué que les pressions et températures vues par ces équipements lors

---

<sup>1</sup> En plus d'être l'exploitant, EDF est également le fabricant réglementaire pour les tuyauteries VVP des futurs réacteurs EPR2.

des situations d'essais ont bien été transmises par l'exploitant et prises en compte dans le dimensionnement. **Ceci n'appelle pas de remarque de la part de l'IRSN.**

### **Tuyauteries primaires principales et ligne d'expansion du pressuriseur**

Le périmètre du dossier d'options couvre les quatre boucles d'échange thermique du circuit primaire principal, chacune comportant une branche chaude reliant la cuve au générateur de vapeur (GV), une branche en U reliant le GV au groupe motopompe primaire et une branche froide reliant le GMPP à la cuve, ainsi que la ligne d'expansion du pressuriseur reliant ce dernier à l'une des branches chaudes. Framatome indique avoir pris en compte, dans la définition des options de conception, son propre retour d'expérience de fabricant et celui de l'exploitant.

Les principales évolutions de conception, par rapport au réacteur EPR de Flamanville, concernent des changements de position de piquages ou de la dimension des branches, notamment une augmentation de la longueur de la branche chaude en raison d'une modification de l'implantation du GV. Framatome a pris en compte le retour d'expérience de l'EPR de Flamanville, lié au risque d'hétérogénéité du matériau, pour la fabrication des différentes branches forgées des futurs réacteurs EPR2 en réduisant la taille des lingots. De plus, des bossages de mesure de température et un plus grand nombre de piquages seront intégrés de forge lors de la fabrication des tuyauteries primaires principales. Ainsi, il est notamment prévu que les piquages du système RBS<sup>2</sup>, des lignes d'aspersion pressuriseur et de décharge RCV<sup>3</sup> le soient. Les piquages de plus petit diamètre seront rapportés sur les tuyauteries primaires directement (type « set-on<sup>4</sup> ») ou via une soudure d'implantation (type « set-in<sup>5</sup> »). Pour les soudures des piquages de type « set-on », Framatome prévoit de développer un nouveau moyen de contrôle. De plus, la longueur des tronçons droits verticaux de la branche en U sera augmentée afin d'améliorer les contrôles par ultrasons des soudures. **L'IRSN considère que ces évolutions devraient contribuer à l'amélioration de la sûreté.**

Hormis ces éléments, les options de conception sont identiques à celles retenues pour l'EPR de Flamanville : il est retenu par exemple des manchettes thermiques « dépassantes » sur les piquages RCV afin de limiter le risque de fatigue thermique ainsi qu'un procédé de soudage automatisé TIG Orbital à Chanfrein Etroit (TOCE) pour les soudures circulaires permettant ainsi l'obtention de propriétés mécaniques équivalentes au métal de base et une diminution du risque de création de défauts. L'IRSN estime que la solution du soudage TOCE apparaît satisfaisante a priori mais rappelle que le respect des teneurs spécifiées des éléments préjudiciables à la soudabilité métallurgique des aciers inoxydables, en particulier du bore, doit être assuré.

L'IRSN constate que ce dossier d'options aborde la problématique de vibrations élevées de la LEP observée sur différents réacteurs EPR. Framatome a indiqué que ce retour d'expérience sera pris en compte pour la conception de la LEP, la solution n'étant pas définie à ce stade. De plus, Framatome considère que le tracé actuel de la LEP pour les futurs réacteurs EPR2 est le meilleur compromis pour prendre en compte les différentes exigences de conception (dilatation thermique, encombrement, résistance mécanique...). Ainsi, le tracé de la LEP apparaît figé alors qu'aucune solution au regard du retour d'expérience disponible n'a encore été définie. Pour l'IRSN, Framatome doit identifier les origines des vibrations élevées et revenir à une situation comparable à celle du parc en exploitation. Une nouvelle conception de la LEP ne doit pas être exclue quand bien même cela devrait mettre en cause la conception du génie civil. **Cela conduit l'IRSN à formuler la recommandation en annexe.**

---

<sup>2</sup> Système de borication de sécurité.

<sup>3</sup> Système de contrôle chimique et volumétrique du circuit primaire.

<sup>4</sup> Piquage « set-on » avec une soudure réalisée sur le piquage rapporté.

<sup>5</sup> Piquage « set-in » avec une soudure d'implantation réalisée directement dans l'épaisseur de la tuyauterie primaire.

Enfin, l'IRSN juge par ailleurs satisfaisantes les dispositions retenues par Framatome pour limiter les effets des différents modes de vieillissement sur les tuyauteries primaires principales et la LEP.

### **Groupes motopompes primaires**

Dans le dossier d'options des GMPP, Framatome indique avoir pris en compte, dans la définition des options de conception, le retour d'expérience du parc en exploitation. Les évolutions de conception apparaissent limitées par rapport aux GMPP de l'EPR de Flamanville. La principale évolution de conception concerne l'utilisation de joints hydrodynamiques à la place de joints hydrostatiques sur l'EPR de Flamanville pour améliorer l'étanchéité du circuit primaire en cas de perte de refroidissement des joints. Cette évolution sera instruite dans le cadre de la qualification de ces joints. Les autres évolutions retenues par Framatome sont les suivantes :

- la suppression de certaines soudures de la barrière thermique compte tenu de la difficulté à contrôler la totalité de leur volume ;
- les modifications apportées aux vis du guide d'eau pour limiter leur risque de rupture ;
- la recommandation d'utiliser un dispositif mécanique pour assurer une précharge satisfaisante des goujons de fixation de la volute de la GMPP afin d'éviter un allongement excessif de ces derniers.

Enfin, Framatome prendra en compte, pour les GMPP des futurs réacteurs EPR2, les résultats de l'analyse des vibrations détectées sur les GMPP de l'EPR de Flamanville lors des essais de démarrage.

**L'IRSN considère satisfaisantes, à ce stade, les évolutions apportées aux groupes motopompes primaires des futurs réacteurs EPR2.**

### **Mécanismes de commande de grappes**

Le périmètre du dossier d'options couvre uniquement l'enceinte sous pression<sup>6</sup> des 89 mécanismes de commande de grappes (MCG) installés sur les adaptateurs du couvercle de cuve.

Les options de conception retenues pour les MCG des futurs réacteurs EPR2 sont proches de celles retenues pour l'EPR de Flamanville qui étaient issues des réacteurs allemands de type KONVOI. Framatome propose quelques évolutions de conception et de méthode de fabrication pour tenir compte du retour d'expérience du projet EPR de Flamanville.

À ce titre, la bride assurant la liaison avec l'adaptateur de cuve sera intégrée au carter de mécanisme. De même, l'épaisseur de la partie supérieure du carter de MCG sera augmentée par rapport au réacteur EPR de Flamanville. Ces modifications permettront de diminuer localement le niveau des contraintes.

Les matériaux utilisés pour les MCG des futurs réacteurs EPR2 seront identiques à ceux du réacteur EPR de Flamanville. Toutefois, pour réduire le risque de corrosion sous contrainte, Framatome étudie la possibilité de remplacer l'alliage à base nickel 82 par l'alliage à base nickel 52 pour les soudures de l'enceinte sous pression des MCG. À cet égard, la future solution devra être présentée une fois finalisée.

Framatome indique avoir pris en compte le retour d'expérience des difficultés rencontrées lors de la fabrication des MCG du projet EPR de Flamanville. Enfin, il envisage un changement de la conception du carter de l'indicateur de position en supprimant une soudure.

**L'IRSN considère que ces évolutions devraient contribuer à l'amélioration de la sûreté.**

---

<sup>6</sup> L'enceinte sous pression est composée de la bride, du carter de mécanisme et du carter de l'indicateur de position.

## Pressuriseur

Dans le dossier d'options du pressuriseur, les évolutions de conception apparaissent limitées par rapport au pressuriseur de l'EPR de Flamanville. L'IRSN note une augmentation de la longueur droite des viroles forgées cylindriques afin d'augmenter le volume du pressuriseur, le diamètre intérieur et l'épaisseur de ces viroles restant inchangés. De plus, la géométrie des consoles de supportage sera modifiée par rapport à l'EPR de Flamanville pour accroître les marges mécaniques. Framatome cherche également à améliorer la conception des soudures entre les pièces de liaison et les cannes chauffantes pour y réaliser un contrôle volumique à 100 % en fabrication. Pour les soudures entre les manchettes de cannes chauffantes et le fond inférieur du pressuriseur, un contrôle volumique à 100 % n'est pas possible, Framatome prévoit donc de réaliser des contrôles surfaciques en cours de soudage. Ce point n'appelle pas de remarque de la part de l'IRSN.

À l'instar de l'EPR de Flamanville, une protection adéquate des liaisons bimétalliques sera spécifiée pour les phases de transport et de stockage afin de les protéger du risque de décohésion intergranulaire<sup>7</sup>. Les piquages d'instrumentation seront en acier inoxydable austénitique, y compris pour les matériaux d'apport comme sur l'EPR de Flamanville et le parc français : ceci limitera le risque de corrosion sous contrainte.

Pour éviter la présence d'une macro-ségrégation positive résiduelle pouvant affecter les propriétés mécaniques des fonds inférieur et supérieur du pressuriseur, Framatome utilisera une gamme de fabrication adaptée. De plus, il indique que l'absence de macro-ségrégation résiduelle locale sera vérifiée dans le cadre d'une qualification technique spécifique.

Enfin, Framatome a indiqué que la technologie des soupapes de sûreté du pressuriseur sera la même que celles du parc en exploitation, c'est-à-dire avec un bouchon d'eau froide pour garantir leur étanchéité. Les lignes d'échappement des soupapes et le tore de collecte seront supportés par le pressuriseur au niveau d'attentes soudées sur la virole supérieure de celui-ci. L'IRSN estime satisfaisant ce choix de technologie de soupapes qui permet a priori de revenir à une solution éprouvée et bénéficiant d'un retour d'expérience positif.

**L'IRSN considère que les évolutions apportées au pressuriseur devraient contribuer à l'amélioration de la sûreté.**

## Tuyauteries de vapeur principales

Dans le dossier d'options des tuyauteries de vapeur principales, EDF a indiqué un certain nombre d'options retenues à ce stade telles que l'augmentation de la longueur des tuyauteries pour limiter le nombre de soudures, une plus grande distance entre les soudures des traversées et l'enceinte de confinement ou bien encore l'amélioration de la maîtrise des épaisseurs de tuyauterie. De plus, la même nuance d'acier que pour l'EPR de Flamanville serait retenue pour ces tuyauteries. Cependant, l'IRSN constate qu'un certain nombre d'options de conception structurantes, ne sont pas figées. Le choix final concernant ces options dépend de l'acceptabilité de l'application d'une démarche d'exclusion de rupture à tout ou partie de ces tuyauteries pour lesquelles l'ASN a demandé des compléments dans son avis cité en troisième référence. **Le dossier d'options des tuyauteries de vapeur principales devra donc être instruit ultérieurement.**

## Conclusion

Pour les futurs réacteurs EPR2, les dossiers d'options des tuyauteries primaires principales et de la ligne d'expansion du pressuriseur, des groupes motopompes primaires, des mécanismes de commande de grappes et du pressuriseur présentent les principales options de conception et de fabrication retenues pour ces équipements en tenant compte du retour d'expérience de fabrication et d'exploitation. L'IRSN estime que les

---

<sup>7</sup> Les décohésions intergranulaires correspondent à des défauts issus de la dissolution des joints de grain de l'acier.

options retenues à ce stade de la conception pour ces équipements, complétées par la prise en compte de la recommandation en annexe, sont adaptées au regard des enjeux de sûreté. Enfin, le dossier d'options des tuyauteries de vapeur principales sera instruit ultérieurement.

**IRSN**

Le Directeur général

Par délégation

Thierry PAYEN

Adjoint au Directeur de l'expertise de sûreté

## **ANNEXE A L'AVIS IRSN N° 2021-00049 DU 31 MARS 2021**

### **Recommandation de l'IRSN**

L'IRSN recommande que Framatome identifie les origines des vibrations élevées de la ligne d'expansion du pressuriseur observées sur différents réacteurs EPR et présente, à un stade précoce de la conception, les évolutions nécessaires sur les futurs réacteurs EPR2 pour pallier cette problématique de vibrations.