



Fontenay-aux-Roses, le 20 décembre 2023

Monsieur le Président de l'Autorité de sûreté nucléaire

AVIS IRSN N° 2023-00189

Objet : EPR2 – Soupapes de sûreté pilotées du pressuriseur – Dossier d'options.

Réf. : [1] Avis IRSN N° 2018-00013 du 19 janvier 2018.
[2] Lettre ASN – CODEP-DEP-2023-049840 du 8 septembre 2023.
[3] Avis IRSN N° 2018-00029 du 2 février 2018.
[4] Avis IRSN N° 2022-00134 du 30 juin 2022.
[5] Avis IRSN N° 2023-00108 du 3 juillet 2023.
[6] Avis IRSN N° 2020-00198 du 11 décembre 2020.

1. CONTEXTE

Dans le cadre de l'expertise du dossier d'options de sûreté de l'EPR NM de janvier 2018 [1], l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN) a estimé nécessaire que l'exploitant retienne pour les soupapes de sûreté du pressuriseur des futurs réacteurs civils une technologie éprouvée qui respecte le critère de défaillance unique¹. Aussi, pour les réacteurs EPR2, le fabricant des soupapes de sûreté du pressuriseur propose de retenir une conception similaire à celle des soupapes équipant les réacteurs du palier N4 et souhaite que soient examinées les options de conception qu'il envisage de retenir pour démontrer la conformité réglementaire² aux exigences essentielles de sécurité associées à ces équipements de protection du circuit primaire.

2. CONTOUR DE L'ANALYSE

Par sa lettre citée en référence [2], l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) sollicite l'avis de l'IRSN sur le dossier d'options des soupapes de sûreté du pressuriseur transmis par le fabricant de ces équipements. En particulier, l'ASN souhaite que l'IRSN se prononce sur :

- la description générale de l'équipement et de ses principales caractéristiques ;
- la synthèse de l'expression fonctionnelle du besoin ;

¹ L'application du critère de défaillance unique (CDU) consiste à vérifier qu'un système important pour la sûreté peut remplir ses fonctions, même en cas de défaillance d'un quelconque de ses composants. La défaillance considérée peut porter soit sur un équipement actif à court terme (CDU actif : défaut de mise en service d'une pompe par exemple), soit sur un équipement passif à plus long terme (CDU passif : fuite sur une tuyauterie par exemple).

² Les soupapes de sûreté du pressuriseur doivent répondre aux exigences essentielles de sécurité définies dans l'arrêté du 30 décembre 2015 modifié relatif aux équipements sous pression nucléaires.

- les éléments du retour d'expérience pris en compte pour la conception ;
- les situations et charges vues par l'équipement ;
- les options de conception de l'équipement ;
- l'impact sur la sûreté des évolutions de conception de l'équipement par rapport au parc en exploitation et à l'EPR de Flamanville (EPR FA3).

L'IRSN expose ci-après les conclusions de l'expertise qu'il a menée pour répondre aux différents points susmentionnés.

3. DESCRIPTION ET PRINCIPALES CARACTÉRISTIQUES DES SOUPAPES DE SÛRETÉ DU PRESSURISEUR DE L'EPR2

Sur un réacteur EPR2, six soupapes de sûreté réparties en trois tandems sont installées au sommet du pressuriseur sur des lignes indépendantes. La première soupape de chaque tandem, dite « de protection » est fermée en fonctionnement normal et s'ouvre lorsque la pression du circuit primaire devient trop élevée. La seconde soupape, dite « d'isolement », ouverte en fonctionnement normal, se ferme en cas de défaillance à la refermeture de la soupape de protection. En amont de chaque tandem, un bouchon d'eau froide garantit l'étanchéité des soupapes en évitant le transfert d'hydrogène dans leurs composants internes.

Chaque soupape est associée à un détecteur pilote déporté, relié au pressuriseur par une ligne d'impulsion, via un ballon tampon, et à la tête de la soupape par une ligne d'asservissement (*cf.* Annexe 1). Le ballon tampon est rempli par de la vapeur condensée venant du pressuriseur, ce qui permet d'alimenter le détecteur pilote avec une eau à une température inférieure à 90 °C. En situation incidentelle ou accidentelle, le fonctionnement de la soupape est passif dans le cas de la protection du circuit primaire contre les surpressions à chaud. Dans ce cas, l'ouverture et la fermeture de la soupape de protection s'effectuent directement sous l'influence de la pression du circuit primaire sur atteinte de seuils de pression haut et bas. L'ouverture et la refermeture de la soupape peuvent également être assurées par un électroaimant agissant sur le détecteur pilote. Cet électroaimant est commandé soit de façon automatique pour protéger le circuit primaire contre les surpressions à froid, soit de façon manuelle depuis la salle de commande dans les cas où le circuit primaire doit être dépressurisé pour atteindre les conditions de connexion du système d'injection de sécurité et de refroidissement à l'arrêt (RIS-RA).

Un ballon filtre situé à l'intérieur du détecteur pilote permet de filtrer l'eau provenant du pressuriseur et remplissant les internes du sous-ensemble de pilotage en aval de celui-ci. Le détecteur pilote comprend un contrôleur de tarage permettant de vérifier, et d'ajuster si besoin, les pressions de tarage des soupapes.

L'IRSN n'a pas de remarque sur la description générale des soupapes de sûreté du pressuriseur présentée dans le dossier d'options. Concernant ses principales caractéristiques, l'IRSN note que les matériaux retenus respectent les exigences du code RCC-M³ hormis celui d'un composant qui fera l'objet d'une justification particulière de la part du fabricant. L'IRSN constate également que le fabricant livrera les soupapes pilotées avec des lignes d'impulsion et d'asservissement de longueur minimale alors que ces lignes seront de plus grande longueur sur le réacteur du fait du déport du détecteur pilote par rapport à la soupape associée. Le passage de la configuration livrée à celle installée sur le réacteur est de la responsabilité de l'exploitant et fait l'objet de remarques au paragraphe 4.

³ Code RCC-M : Recueil des règles de conception et de construction des matériels mécaniques des îlots nucléaires REP.

4. EXIGENCES ASSOCIÉES AUX SOUPAPES DE L'EPR2

Les exigences associées aux soupapes de l'EPR2 sont définies par le biais des fonctions d'usage et des fonctions de contraintes fournies par EDF. Les fonctions d'usage précisent les fonctions de sécurité et de sûreté des soupapes. Les autres exigences imposées par EDF qui limitent la liberté de choix de conception du fabricant sont appelées fonctions de contraintes.

Parmi les fonctions d'usage ne figure pas celle de dépressurisation sûre du circuit primaire après une condition de fonctionnement DBC⁴ jusqu'aux conditions de connexion du système RIS-RA. Cette fonction de sûreté assignée aux soupapes du pressuriseur de l'EPR2 par EDF constitue pour l'IRSN une fonction d'usage. **Ceci fait l'objet de la recommandation n° 1 présentée en annexe 2.**

Par ailleurs, le dossier d'options précise que la soupape est requise pour la conduite en « gavé-ouvert »⁵ dans les conditions de fonctionnement DEC-A⁶. Toutefois, le fabricant a précisé au cours de l'expertise qu'il s'agissait d'une erreur. En effet, cette fonction, attribuée aux soupapes du pressuriseur des réacteurs du parc en exploitation, est cependant réalisée selon le rapport préliminaire de sûreté de l'EPR2, par l'ouverture commandée des vannes de décharge du pressuriseur. Ces vannes sont également requises pour la mitigation⁷ des accidents graves avec fusion du cœur (conditions DEC-B⁸). L'IRSN estime qu'une étude des avantages et des inconvénients associés à l'utilisation des soupapes de sûreté du pressuriseur de l'EPR2 pour la réalisation de la conduite en « gavé-ouvert » doit être menée au regard notamment de la recommandation du guide n° 22 de l'ASN⁹, qui précise que les moyens nécessaires à la mitigation des accidents graves doivent être suffisamment indépendants des moyens requis dans les conditions DBC et DEC-A. **Sur ce point, l'IRSN formule la recommandation n° 2 présentée en annexe 2.**

Enfin, étant donné les différences de tracé des lignes d'asservissement et d'impulsion entre la configuration de la soupape pilotée installée sur site et celle retenue pour les essais, **il appartiendra à EDF de justifier la représentativité des pertes de charge retenues pour les lignes d'impulsion et d'asservissement lors des essais de qualification au regard de la configuration effective de ces lignes sur les réacteurs EPR2. La qualification vibratoire et sismique de ces lignes devra également être vérifiée.**

5. RETOUR D'EXPÉRIENCE

La conception des soupapes de sûreté pilotées du pressuriseur de l'EPR2 intègre le retour d'expérience conséquent des soupapes des pressuriseurs du parc en exploitation, de conception similaire. En revanche, aucune information n'est fournie concernant le retour d'expérience des soupapes de conception équivalentes implantées à l'étranger. **Ainsi, il appartiendra à EDF de collecter ce retour d'expérience et d'en tenir compte pour la conception des soupapes de sûreté du pressuriseur des réacteurs EPR2.**

⁴ Conditions DBC : conditions incidentelles et accidentelles du domaine de conception de référence qui sont classées en quatre catégories selon leur fréquence d'occurrence.

⁵ La conduite en « gavé-ouvert » permet l'évacuation de la puissance résiduelle et le refroidissement du circuit primaire par l'ouverture forcée des soupapes du pressuriseur et l'injection d'eau froide dans le cœur via le circuit d'injection de sécurité.

⁶ Conditions DEC-A : conditions du domaine de conception étendu pour lesquelles la fusion de combustible est prévenue.

⁷ La mitigation consiste à limiter les conséquences sur l'environnement et l'homme d'un accident grave.

⁸ Conditions DEC-B : conditions du domaine de conception étendu pour lesquelles la fusion de combustible est postulée.

⁹ Guide de l'ASN n° 22, version du 18 juillet 2017 : « Conception des réacteurs à eau sous pression ».

6. SITUATIONS ET CHARGES VUES PAR L'ÉQUIPEMENT

EDF a défini la liste des situations et charges aux bornes des soupapes de sûreté du pressuriseur de l'EPR2 qui doivent être prises en compte pour leur dimensionnement et l'analyse de leur comportement mécanique. Cette liste comporte des différences par rapport à celle considérée pour le réacteur EPR FA3 et celle des réacteurs du palier N4. De plus, les situations exceptionnelles de 3^e catégorie et celles hautement improbables de 4^e catégorie vues par les soupapes du pressuriseur de l'EPR2 ne sont pas clairement identifiées. **Sur ces points, l'IRSN formule la recommandation n° 3 présentée en annexe 2.**

S'agissant des chargements thermohydrauliques retenus, le fabricant présente dans son dossier d'options les limites admissibles en termes de pression et de température qu'il retient pour les différents sous-ensembles constituant les soupapes, et qui correspondent aux valeurs maximales à ne pas dépasser pendant les situations normales de service (2^e catégorie) selon le guide n° 19 de l'ASN¹⁰. Ces valeurs maximales admissibles sont définies à partir des données fournies par EDF, en particulier les températures et pressions maximales de fonctionnement par catégorie de situations. Lors de son expertise, l'IRSN a émis des réserves quant au caractère enveloppe des valeurs de température maximale de fonctionnement retenues. **Ceci fait l'objet de la recommandation n° 4 présentée en annexe 2.**

Concernant la température maximale admissible pour le sous-ensemble « têtes de soupape de protection et d'isolement » des soupapes de l'EPR2, le fabricant indique que la valeur associée se base sur les résultats des essais de qualification réalisés pour les soupapes du pressuriseur des réacteurs du palier N4. Pour l'IRSN, cette valeur doit être justifiée, les caractéristiques de fonctionnement des soupapes du pressuriseur de l'EPR2 étant différentes de celles des réacteurs du palier N4. **L'IRSN formule à ce sujet la recommandation n° 5 présentée en annexe 2.**

7. ÉVOLUTIONS DE CONCEPTION PAR RAPPORT À L'EPR FA3

Le choix d'un tandem de soupapes, une de protection et l'autre d'isolement, pour le pressuriseur de l'EPR2 qui permet de respecter le critère de défaillance unique et ainsi de diminuer le risque de brèche primaire non isolable en cas de défaillance à la refermeture d'une soupape, constitue une évolution positive par rapport à la conception des soupapes du pressuriseur de l'EPR FA3.

Par ailleurs, la ligne d'impulsion qui relie le pressuriseur à l'armoire de pilotage des soupapes de sûreté comporte une capacité tampon ainsi qu'un ballon filtre. Ces équipements qui permettent de limiter la température et le risque de présence de particules dans l'eau alimentant le détecteur pilote constituent également une évolution positive de la conception par rapport à celle retenue pour les soupapes du réacteur EPR FA3. En effet, sur ce réacteur, la conception initiale de la soupape de sûreté pilotée du pressuriseur a dû évoluer de façon à la rendre plus tolérante aux effets de la température et des particules [3].

Enfin, les opérations de contrôle de tarage et de tests d'étanchéité des soupapes du pressuriseur nécessitent sur l'EPR FA3 de déposer, déplacer et transférer sur une aire de travail, les détecteurs pilotes puis de les remonter sur le pressuriseur [4] [5]. Sur le réacteur EPR2, ces opérations peuvent être réalisées sans démonter le détecteur pilote, ce qui est satisfaisant.

¹⁰ Guide de l'ASN n°19, version du 21 février 2013 : « Application de l'arrêté du 12/12/2005 relatif aux équipements sous pression nucléaires ».

8. ÉVOLUTIONS DE CONCEPTION PAR RAPPORT AU PARC EN EXPLOITATION

Lors des opérations de tarage des soupapes du pressuriseur des réacteurs du parc en exploitation, chaque ligne d'impulsion doit être déconnectée du détecteur pilote puis reconnectée, ce qui peut occasionner des fuites au niveau de la liaison entre la ligne d'impulsion et le détecteur pilote [6]. Pour pallier ce problème et éviter l'ouverture du circuit de pilotage de la soupape, le fabricant a ajouté sur le détecteur pilote un contrôleur de tarage, ce qui est satisfaisant dans le principe.

Sur les réacteurs du parc en exploitation, l'électroaimant qui permet d'ouvrir la soupape du pressuriseur sous sa pression de tarage, est déporté du détecteur pilote et relié à celui-ci par l'intermédiaire d'une liaison spécifique, nécessitant un suivi en exploitation rigoureux [6]. Pour l'EPR2, l'électroaimant est directement intégré au détecteur pilote, ce qui supprime les risques associés à la défaillance de cette liaison en exploitation et constitue une amélioration de sûreté.

Enfin, bien que le dossier d'options présente un certain nombre de modifications ayant été intégrées sur les soupapes de sûreté du pressuriseur de l'EPR2 pour prendre en compte les enseignements du retour d'expérience des réacteurs du parc en exploitation, l'IRSN s'interroge sur l'exhaustivité de cette liste de modifications **et formule à ce sujet la recommandation n° 6 présentée en annexe 2.**

9. CONCLUSION

EDF a retenu pour les soupapes de sûreté du pressuriseur des réacteurs EPR2, une conception analogue à celle des soupapes du pressuriseur du parc en exploitation qui respecte le critère de défaillance unique, ce qui est satisfaisant. En outre, la conception de ces soupapes intègre des évolutions issues des enseignements du retour d'expérience des soupapes équipant les réacteurs du parc en exploitation et le réacteur EPR FA3. Toutefois, le caractère exhaustif des enseignements à considérer pour la définition de ces évolutions reste à consolider. En tout état de cause, le programme de qualification des soupapes du pressuriseur de l'EPR2 devra tenir compte de l'ensemble des modifications déjà mises en œuvre ou à venir sur ces soupapes.

Concernant les fonctions assignées à cette soupape, l'IRSN considère que la fonction de dépressurisation sûre du circuit primaire après une condition de fonctionnement DBC jusqu'aux conditions de connexion du système RIS-RA doit être considérée comme une fonction d'usage des soupapes de sûreté du pressuriseur des réacteurs EPR2. De plus, une étude des avantages et des inconvénients de l'utilisation de ces soupapes pour la réalisation de la fonction de gavé-ouvert doit être menée.

Enfin, des compléments de justification sont encore nécessaires en ce qui concerne la liste des situations et charges à retenir pour la conception de ces soupapes.

IRSN

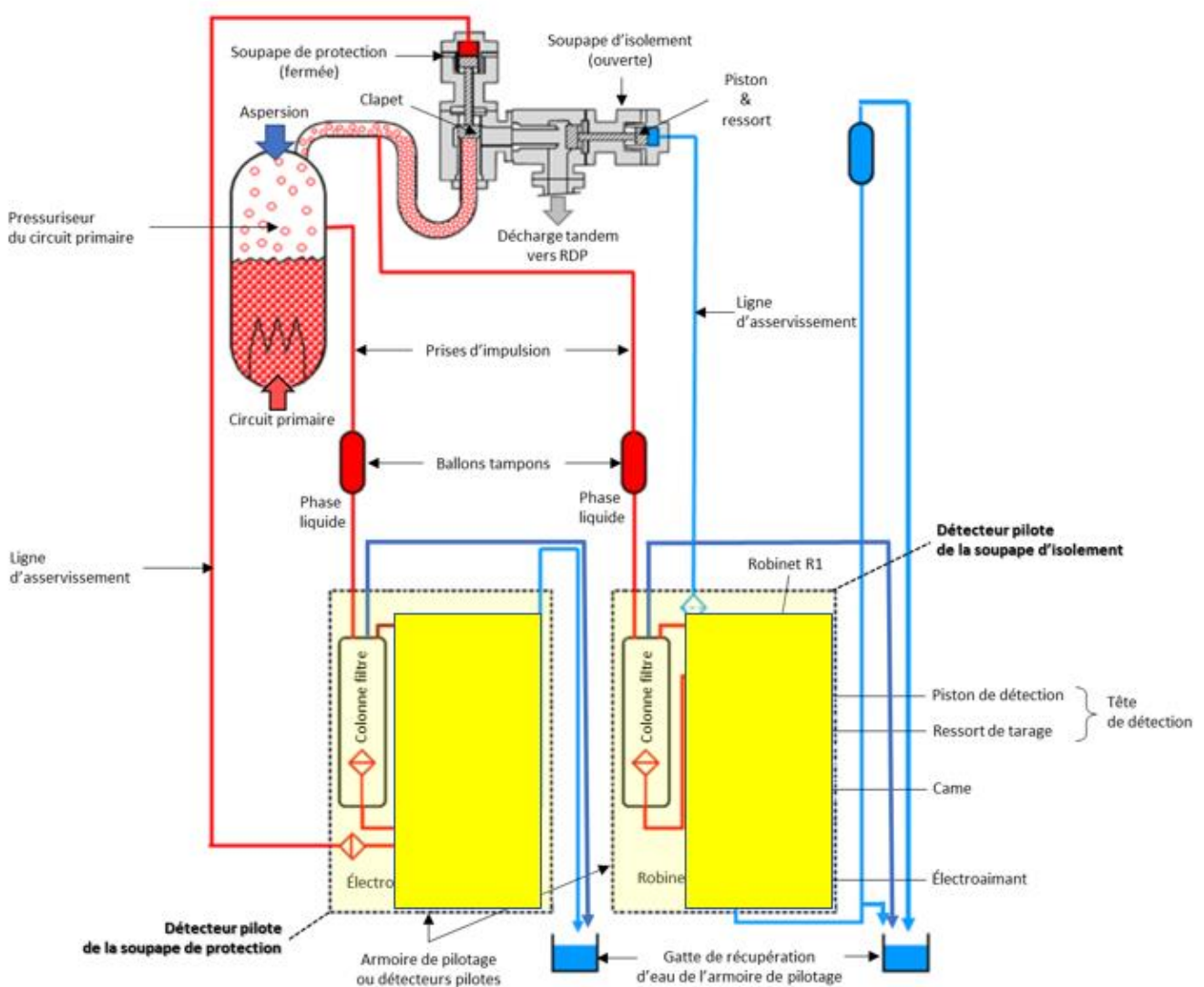
Le Directeur général

Par délégation

Thierry PAYEN

Adjoint au Directeur de l'expertise de sûreté

ANNEXE 1 À L'AVIS IRSN N° 2023-00189 DU 20 DÉCEMBRE 2023



© Trillium Flow Technologies

**Schéma de principe d'un tandem de soupapes de sûreté du pressuriseur
(réacteur en fonctionnement normal)**

ANNEXE 2 À L'AVIS IRSN N° 2023-00189 DU 20 DÉCEMBRE 2023

Recommandations de l'IRSN

Recommandation n° 1

L'IRSN recommande qu'EDF définisse la fonction de dépressurisation sûre du circuit primaire jusqu'aux conditions de connexion du système RIS-RA en mode « refroidissement à l'arrêt » comme fonction d'usage de la soupape de sûreté pilotée du pressuriseur de l'EPR2.

Recommandation n° 2

L'IRSN recommande qu'EDF examine les avantages et les inconvénients associés à l'utilisation des soupapes de sûreté du pressuriseur de l'EPR2 pour assurer l'évacuation de puissance dans le cas d'une conduite en « gavé-ouvert » à la suite d'un transitoire DEC-A. Le cas échéant, cette fonction devra être intégrée à la liste des exigences fonctionnelles relatives à ces soupapes.

Recommandation n° 3

L'IRSN recommande qu'EDF détaille et justifie la liste des situations qui sollicitent les soupapes de sûreté du pressuriseur de l'EPR2.

Recommandation n° 4

L'IRSN recommande qu'EDF justifie la température maximale de fonctionnement des soupapes du pressuriseur de l'EPR2 retenue pour chaque catégorie de situations.

Recommandation n° 5

L'IRSN recommande que le fabricant justifie la valeur retenue pour la température maximale admissible du sous-ensemble « têtes de soupape de protection et d'isolement » des soupapes du pressuriseur de l'EPR2. Dans ce cadre, le fabricant devra fournir les conditions opératoires et les résultats de l'essai de qualification réalisé sur la soupape du pressuriseur des réacteurs du palier N4 qui ont été retenus pour définir cette valeur.

Recommandation n° 6

L'IRSN recommande qu'EDF identifie et prenne en compte l'ensemble des modifications apportées aux soupapes de sûreté du pressuriseur de l'EPR2 dans l'établissement du programme de qualification de ces soupapes.