



Fontenay aux Roses, le 25 avril 2024

Monsieur le Président de l'Autorité de sûreté nucléaire

AVIS IRSN N° 2024-00066

Objet : EDF – REP – INB 167 – Réacteur EPR de Flamanville – Analyse des aléas et incidents survenus lors des essais de démarrage sur le système de sauvegarde permettant la décharge de la vapeur du circuit secondaire à l'atmosphère (système VDA).

Réf. : [1] Lettre ASN - CODEP-DCN-2020-026531 du 18 novembre 2020.
[2] Avis IRSN N° 2021-00158 du 8 septembre 2021.
[3] Avis IRSN N° 2022-00133 du 30 juin 2022.
[4] Avis IRSN N° 2024-00011 du 29 janvier 2024.
[5] Avis IRSN N° 2024-00060 du 19 avril 2024.

Dans le cadre de la mise en service du réacteur EPR de Flamanville (EPR FA3), EDF a réalisé des essais de démarrage afin de démontrer que les équipements et systèmes fonctionnent conformément aux hypothèses d'étude et satisfont aux critères de conception. Les essais réalisés sur le système de décharge de la vapeur du circuit secondaire à l'atmosphère (VDA) ont été marqués par un nombre important d'aléas et d'incidents qui nécessitent des modifications de conception et des compléments de surveillance en exploitation pour éviter leur renouvellement ou limiter leurs conséquences.

Par lettre citée en première référence, l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) a sollicité l'avis de l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN) sur le bilan des essais de démarrage de l'EPR FA3 fourni par EDF. Cet avis porte spécifiquement sur les enseignements à tirer des essais du système VDA et complète plusieurs avis déjà rendus sur les essais de démarrage (références [2] à [5]).

1. PRÉSENTATION DU SYSTÈME VDA

Le système VDA assure la décharge de la vapeur de chaque générateur de vapeur (GV) à l'atmosphère afin de protéger les lignes vapeur contre les surpressions¹ et d'évacuer la puissance résiduelle du réacteur. En cas de rupture d'un tube de générateur de vapeur (RTGV) ou d'accident grave, le système VDA doit pouvoir être isolé afin de renforcer les barrières de confinement. À la différence du parc en fonctionnement, l'utilisation du système VDA n'est pas prévue pour refroidir le réacteur en fonctionnement normal durant les phases de

¹ Le système VDA constitue un accessoire de sécurité au titre de la réglementation des équipements sous pression nucléaire (ESPN).

démarrage et d'arrêt. Il est utilisé uniquement lors de la réalisation de certains essais et dans certaines conditions de fonctionnement incidentel et accidentel.

Les quatre trains du système VDA sont implantés dans les casemates « vapeur » de deux bâtiments des auxiliaires de sauvegarde. Chaque train est constitué d'une ligne de tuyauterie comportant une vanne d'isolement (située en amont), une vanne de régulation (située en aval) et un silencieux à l'échappement de la ligne. Un train VDA est dimensionné pour évacuer un peu plus de 1000 t/h de vapeur saturée sous 100 bars abs avec un temps d'ouverture inférieur à deux secondes après sollicitation.

Les vannes d'isolement VDA (VI VDA) sont des vannes à piston pilotées par deux lignes de contrôle comportant chacune deux pilotes mécaniques en série actionnés par des électrovannes. L'ouverture de la vanne d'isolement est assurée par la décharge à l'atmosphère de la vapeur emprisonnée dans la chambre haute de son piston lors de l'ouverture d'au moins une de ses lignes de contrôle. À l'inverse, la vanne se referme après la fermeture de ses lignes de contrôle qui conduit à pressuriser à nouveau la chambre haute du piston.

Les vannes réglantes (VR VDA) sont des vannes comportant un clapet principal guidé dans une cage et un clapet pilote fixé à la tige du robinet. Ces vannes sont motorisées électriquement. En fonctionnement normal, chaque VR VDA est prépositionnée ouverte à un degré d'ouverture variable selon la puissance nominale (P_n) du réacteur² :

- ouverture à 40 % pour une puissance comprise entre 0 % et 20 % P_n ;
- ouverture linéaire de 40 % à 100 % pour une puissance comprise entre 20 % et 50 % P_n ;
- ouverture à 100 % pour une puissance supérieure à 50 % P_n .

Le clapet pilote d'une VR VDA est normalement ouvert par la pression exercée par un ressort lorsque la vanne n'est pas en position fermée. Ce clapet pilote permet la manœuvre du clapet principal en équipression. Son ouverture limite donc les efforts de l'actionneur lors de son fonctionnement en régulation de pression. Lorsque la vanne est fermée, le clapet pilote est plaqué sur clapet principal et des orifices d'équilibrage percés dans le clapet principal permettent de pressuriser la chambre haute pour renforcer l'effort de plaquage exercé par la tige de l'actionneur.

En aval de la VR VDA, chaque train comporte une ligne d'échappement munie d'une purge en son point bas et d'un silencieux positionné en toiture du bâtiment. Sur chaque ligne vapeur, le silencieux est commun à la ligne de décharge du circuit de contrôle de la VI VDA, à la ligne d'échappement principale VDA (ligne de 400 mm de diamètre) et aux lignes d'échappement des deux soupapes du circuit de vapeur principal (VVP).

2. ALÉAS ET INCIDENTS D'ESSAIS SURVENUS SUR LE SYSTÈME VDA

Dans la suite de ce paragraphe, l'IRSN présente son analyse des principaux événements marquants survenus lors des essais de démarrage du système VDA.

2.1. ÉVÉNEMENTS CONCERNANT LES VANNES RÉGLANTES

2.1.1. Blocage de la manœuvre des vannes réglantes lors de la sollicitation du système VDA

Pendant les essais de démarrage d'un réacteur EPR à l'étranger, un blocage de plusieurs VR VDA a été observé lors de la sollicitation de ce système à l'occasion d'un essai de refroidissement automatique du réacteur. Ce blocage est dû au fait que, à l'ouverture d'une ligne VDA, la pression qui s'exerce transitoirement sous le clapet principal d'une vanne réglante (prépositionnée entrouverte) est suffisamment importante pour le plaquer sur le

² La tolérance sur le degré d'ouverture de la vanne est de $\pm 5\%$ de la valeur indiquée ci-après (et - 5 à 0 % pour 100 % d'ouverture).

clapet pilote. L'alimentation en vapeur de la chambre haute de la vanne est alors réduite et est insuffisante pour équilibrer les pressions s'exerçant sur ce clapet, ce qui augmente l'effort de fermeture et sollicite le limiteur de couple du servomoteur.

Pour éviter qu'un tel événement survienne lors des essais de démarrage de l'EPR FA3, EDF a procédé à plusieurs modifications de conception et de contrôle-commande des lignes VDA :

- ajout d'une temporisation de quelques secondes entre le début de l'ouverture d'une vanne d'isolement et le démarrage de la régulation de la pression secondaire par la vanne réglante ;
- augmentation du seuil de déclenchement des limiteurs de couple à l'ouverture et à la fermeture d'une vanne réglante ;
- agrandissement des perçages d'équilibrage des pressions pratiqués dans le clapet principal.

La temporisation et l'agrandissement des perçages d'équilibrage doivent assurer une remontée suffisante de la pression dans la chambre haute de la vanne réglante pour permettre un début de manœuvre de fermeture lorsque la régulation de pression est mise en service après la sollicitation du système VDA. Toutefois, le diamètre des perçages doit rester suffisamment limité pour éviter une pressurisation trop importante de la chambre haute en fin de levée du clapet pilote lors d'une ouverture sous pression depuis une position totalement fermée. L'augmentation du seuil de déclenchement des limiteurs de couple permet de renforcer les marges avant le blocage de la manœuvre de la vanne par ces protections.

L'IRSN a analysé l'impact de l'ajout d'une temporisation avant la mise en service de la régulation d'une VR VDA sur les études d'accident, ainsi que les études de dimensionnement de la section des perçages d'équilibrage et la suffisance des marges entre, d'une part les efforts résistants s'exerçant en conditions pénalisantes à l'ouverture et à la fermeture, d'autre part le réglage des limiteurs de couple. L'IRSN a également examiné la représentativité des essais de requalifications entrepris par EDF. **En conclusion de cette expertise, l'IRSN considère que les dispositions prises par EDF et les résultats des essais de requalification permettent de considérer que les VR VDA seront fonctionnelles en conditions de fonctionnement incidentel ou accidentel.**

2.1.2. Effets des marteaux d'eau survenus lors des essais sur les vannes réglantes

Lors d'essais de refroidissement automatique du réacteur, les vannes d'isolement reçoivent un signal d'ouverture alors que les vannes réglantes sont prépositionnées ouvertes à 40 % d'ouverture et que la pression des générateurs des vapeur est d'environ 94 bar. À deux occasions lors de ces essais – une première fois en novembre 2019 et une seconde fois en novembre 2023 – un bouchon d'eau³ était présent en aval d'une vanne réglante du fait du colmatage d'une ligne de purge. La violente expulsion de ce bouchon d'eau sous l'effet de la pressurisation brutale de la ligne (le temps d'ouverture effectif d'une vanne d'isolement est de quelques dixièmes de seconde) a généré un phénomène dit de « marteau d'eau » dans la ligne d'échappement, avec des effets mécaniques importants sur les vannes réglantes impactées (VR VDA du train 2 en 2019 et VR VDA du train 1 en 2023).

Chacun de ces marteaux d'eau a provoqué sur la VR VDA affectée :

- une déformation de la tige de la vanne ;
- une dégradation et un dysfonctionnement des trois transmetteurs de position équipant la tige de la vanne ;
- un desserrage de vis de fixation présentes entre le vérin linéaire de la vanne et le servomoteur.

À la suite du premier événement, une modélisation des effets mécaniques du marteau d'eau a été réalisée par Framatome. L'étude conclut que cet événement se traduit par la présence de vibrations de forte intensité et de courte durée sur la partie haute de la vanne, l'intensité de ces vibrations dépassant celles retenues notamment

³ Bouchon d'eau d'un volume estimé de plusieurs centaines de litres.

dans la qualification sismique des transmetteurs de position (ce qui explique leur dysfonctionnement). Pour l'IRSN, il est également probable que l'obturateur de la vanne réglante (ensemble constitué du clapet principal et du clapet pilote) ait subi un choc violent par retour d'eau conduisant à la déformation constatée sur la tige à la suite de chaque événement de marteau d'eau.

La tige de la vanne réglante du train 2 a été remplacée à la suite du premier marteau d'eau survenu en 2019. L'opérabilité de cette vanne a ensuite été vérifiée par essais à froid et à chaud. En revanche, la tige de la vanne du train 1 n'a pas été remplacée du fait d'un manque de pièce de rechange. Les déformées mesurées sur cette tige sont jugées suffisamment faibles par EDF pour ne pas remettre en cause la disponibilité de la vanne. Cette tige a donc été remontée après expertise et des essais ont permis de vérifier son opérabilité à froid et sans pression.

L'IRSN a examiné les enregistrements des efforts mesurés sur la tige à la suite de ces essais. L'effort résistant généré par le presse-garnitures est normal. Cependant, le déclenchement du limiteur de couple à la fermeture intervient à une valeur d'effort de compression de la tige plus faible que l'attendu, sans toutefois remettre en cause l'étanchéité du robinet (vérifiée après remontage chez le fournisseur).

L'IRSN constate que, sur une autre vanne comportant également un défaut sur sa tige (tige de la VR VDA du train 4 rayée à cause d'un défaut de fabrication sur le fouloir du presse-garnitures), le déclenchement du limiteur de couple intervenait également à une valeur d'effort de compression plus faible que l'attendu avant le remplacement des pièces défectueuses.

L'IRSN estime nécessaire qu'EDF recherche les causes des efforts anormalement faibles constatés au déclenchement du limiteur de couple à la fermeture des vannes VDA 1210 VV et VDA 4210 VV comportant des pièces endommagées et précise, avant la fin de la VC1, les actions de maintenance qui seront à entreprendre sur la vanne VDA 1210 VV remontée avec une tige légèrement déformée.

Par ailleurs, l'IRSN estime qu'EDF devra vérifier l'opérabilité de l'ouverture de la VR VDA du train 1 lors d'un essai à chaud et sous pression avant la divergence du réacteur. Ce point fait l'objet de la recommandation n° 1 en annexe 1.

Comme mentionné ci-avant, les transmetteurs de position des VR VDA des trains 1 et 2 ont subi lors des marteaux d'eau des contraintes mécaniques supérieures à celles prises en compte lors de leur dimensionnement. Ces contraintes ont généré un dysfonctionnement de tous les transmetteurs. L'IRSN considère que certains de leurs composants (notamment la visserie) pourraient avoir été soumis à une plastification non détectée lors de leur remontage. La qualification sismique des transmetteurs de position pourrait alors être remise en cause.

Aussi, l'IRSN estime nécessaire qu'EDF procède, au plus tard en VC1, au remplacement de toute pièce de ces transmetteurs ayant pu subir une plastification.

2.2. ÉVÉNEMENTS CONCERNANT LES VANNES D'ISOLEMENT

2.2.1. Fiabilité de la fermeture des vannes d'isolement

Les essais de démarrage des réacteurs EPR ont montré que le critère de sûreté initialement fixé sur le temps de fermeture d'une VI VDA ne pouvait pas être respecté du fait de la conception de la vanne et de ses lignes de pilotage. Ce constat a conduit EDF à relaxer ce critère de 20 secondes à 40 secondes sur la base d'une étude d'impact sur les études de sûreté. **Cette justification n'appelle pas de remarque particulière de la part de l'IRSN.**

Toutefois, lors des essais de démarrage, plusieurs événements d'inétanchéité sur les lignes de pilotage des VI VDA ont conduit à ne pas respecter le nouveau critère de sûreté de temps de fermeture. Ces anomalies ont mis en évidence qu'une faible fuite sur une ligne de pilotage peut suffire à remettre en cause la fermeture de la vanne d'isolement. De surcroît, le retour d'expérience des essais de démarrage montre que, même sans fuite sur les lignes de pilotage, l'étanchéité d'une vanne d'isolement n'est pas garantie lorsque la vanne réglante est préalablement fermée en aval. En effet, dans cette situation, la force de placage du piston sur son siège n'est

assurée que par le poids du piston et par la décompression du ressort de rappel. Elle est insuffisante pour bien positionner le piston sur son siège. Pour remédier à ce problème, EDF prévoit, en fonctionnement normal, d'ouvrir légèrement la vanne réglante avant de fermer la vanne d'isolement. Ce mode opératoire permet d'abaisser la pression en aval du piston de la VI VDA et d'augmenter significativement l'effort de plaquage à la fermeture. Cependant, en conditions de fonctionnement accidentel, notamment en cas de RTGV, une VI VDA peut devoir être isolée automatiquement alors que la vanne réglante est préalablement fermée en aval, afin de limiter les conséquences radiologiques de l'accident. Le rapport de sûreté (RDS) de l'EPR FA3 indique que les études d'accident de RTGV « *sont réalisées en considérant le critère fonctionnel non quantitatif [...] de fermeture des vannes d'isolement de la ligne de décharge à l'atmosphère* ». Le RDS ajoute que la redondance de l'isolement de la décharge à l'atmosphère est assurée « *par la fermeture de la vanne d'isolement et de la vanne réglante dont le niveau de fuite est acceptable pour couvrir la défaillance de la vanne d'isolement* ».

Au regard du retour d'expérience des essais de démarrage, l'IRSN estime nécessaire que la fermeture et l'étanchéité des VI VDA soient fiabilisées par une modification de leur conception, à intégrer au plus tard lors de la première visite décennale du réacteur EPR FA3.

2.2.2. Risque de grippage de composants d'une VI VDA

Le corps et le chapeau d'une VI VDA sont fabriqués en acier ferritique et présentent un risque avéré de corrosion. Lors de l'ouverture d'une vanne d'isolement, la vapeur sous pression présente dans son corps et dans la chambre haute du piston est évacuée au travers de conduits usinés dans le corps et le chapeau de la vanne et transite par des jeux fonctionnels présents au niveau de bagues de guidage du piston et des tiges des électrovannes vers les lignes d'échappement de ses pilotes. Des oxydes pourraient alors se détacher, être entraînés par la vapeur sous pression et gripper des pièces mobiles.

À la suite d'événements survenus lors des essais de démarrage (temps de manœuvre anormalement long et grippage), des rayures ont été découvertes au niveau d'une bague de guidage du piston de la VI VDA du train 4 (à la suite de la première phase d'essais à chaud réalisée en 2019) et au niveau d'une tige d'une électrovanne d'une ligne de pilotage de cette même vanne (à la suite de la seconde phase d'essais à chaud réalisée en 2023). Sans pouvoir définir avec certitude la cause des défauts, les hypothèses privilégiées par EDF pour les expliquer sont, pour la bague de guidage du piston, une erreur de montage, et pour la tige de l'électrovanne, une pollution provenant du circuit de vapeur principal.

Quelle que soit la cause réelle des grippages observés en essais, l'IRSN considère qu'ils pourraient se reproduire en exploitation en étant provoqués par un détachement d'oxydes présents sur les parois internes des vannes. Comme les périodes les plus propices au développement d'oxydes au niveau des internes des VI VDA sont celles de conservation sèche du circuit secondaire principal, l'IRSN estime nécessaire qu'EDF réalise des essais de manœuvrabilité des VI VDA à l'issue de ces phases d'exploitation, complémentaires aux essais périodiques (de périodicité rechargement) programmés, selon les indications données par EDF au cours de l'expertise, en arrêt à chaud avant la mise à l'arrêt du réacteur⁴. **L'IRSN formule sur ce sujet la recommandation n° 2 présentée en annexe 1 couvrant les essais de manœuvrabilité complémentaires des VI VDA à réaliser jusqu'en fin de VC1⁵.** Les essais à prévoir par la suite pourront être précisés ultérieurement en tenant compte du retour d'expérience des premiers essais et des inspections postérieurs à la mise en service.

À cet égard, l'IRSN signale qu'EDF a pris plusieurs engagements jugés satisfaisants sur le suivi de tendance des temps de manœuvre des VI VDA et sur les inspections en service à réaliser sur ces vannes. Ces engagements sont retranscrits en annexe 2 (engagements n° 1 et n° 2).

⁴ Cette programmation permet à EDF de prévoir, si nécessaire, des interventions de maintenance sur les VI VDA pendant l'arrêt pour rechargement.

⁵ Essais de manœuvrabilité à réaliser conformément aux spécifications d'essais figurant dans la règle d'essais périodiques VDA du réacteur EPR FA3.

2.3. DISPOSITIONS PERMETTANT D'EXCLURE LE RENOUVELLEMENT D'UN MARTEAU D'EAU

Un marteau d'eau est un phénomène pouvant être très énergétique. Les deux événements qui se sont produits à la sollicitation du système VDA lors des essais de démarrage ont généré des dommages notables sur des équipements requis en fonctionnement accidentel. De plus, un tel événement (lié au colmatage de lignes de purge) pourrait survenir simultanément sur plusieurs trains VDA. **En conséquence, des dispositions doivent être prises pour exclure le renouvellement d'un marteau d'eau sur une ligne VDA.**

Les deux événements de marteau d'eau qui se sont produits en 2019 et en 2023 sont dus à un colmatage d'une ligne de purge ayant conduit à la formation d'un bouchon d'eau dans une ligne d'échappement VDA. Les circonstances du colmatage des lignes de purge sont toutefois différentes en 2019 et en 2023.

En 2019, le colmatage est attribué à des défauts de propreté des circuits ayant conduit au bouchage d'un diaphragme de restriction de débit situé dans la première section de chaque ligne de purge des lignes d'échappement VDA (diaphragme VDA).

En 2023, le colmatage est lié à l'accumulation de produits de corrosion interne aux lignes de purge qui ont entraîné le bouchage d'un nouveau diaphragme ajouté plus en aval et commun aux lignes de purge VDA et VVP. Ce diaphragme avait été ajouté en 2020 pour éviter une remontée de vapeur dans les locaux par le système de collecte des purges et effluents (diaphragme RPE).

Après nettoyage de toutes les lignes de purge par rinçage, les modifications de la conception déjà prises par EDF à la suite du marteau d'eau survenu en 2023 sont les suivantes :

- ajout d'un filtre en amont du diaphragme VDA ; ce filtre diminue le risque de colmatage du diaphragme en augmentant la quantité de colmatants nécessaire à obturer la ligne de purge ;
- suppression du diaphragme RPE sur toutes les lignes de purge ;
- déroutement de la partie finale des lignes de purge à l'extérieur des bâtiments pour s'affranchir d'un risque de remontée de vapeur dans les locaux.

L'IRSN considère que ces dispositions sont de nature à réduire le risque de colmatage d'une ligne de purge, mais ne permettent pas de l'exclure. En effet, les lignes d'échappement des système VDA et VVP ainsi que les lignes de purge sont construites en acier ferritique. De la corrosion va donc inévitablement se développer sur leurs parois internes. En se détachant, les produits de corrosion risquent de boucher les lignes de purge, soit au niveau du filtre et du diaphragme VDA, soit plus en aval au niveau de parties horizontales, sachant que la rugosité interne des tuyauteries de purge est actuellement très dégradée par la corrosion qui s'y est déjà formée.

Au cours de l'expertise, EDF a donc pris des engagements visant à programmer des contrôles de propreté et d'absence d'eau dans les lignes de purge. Ces contrôles sont prévus au moment de la réalisation des essais de manœuvrabilité des VI VDA et en cas de détection d'inétanchéité sur une ligne d'échappement VDA ou VVP (cf. engagements n° 3 à n° 6 en annexe 2).

De surcroît, EDF s'est engagé, au plus tard lors du deuxième arrêt pour rechargement du réacteur (VP2), à intégrer de nouvelles modifications sur les tuyauteries de purge dans le but d'assurer un meilleur suivi en service de la cinétique de corrosion de ces lignes et leur nettoyage le cas échéant (cf. engagement n° 7 en annexe 2).

Enfin, EDF engagera des études de modification de ces lignes ayant pour but d'éliminer ou de réduire significativement le risque d'accumulation de produit de corrosion. Ces études seront finalisées au plus tard pour la VP2. (cf. engagement n° 8 en annexe 2).

L'IRSN estime que ces deux derniers engagements sont satisfaisants dans leurs principes, mais que l'objectif d'EDF devrait être d'intégrer ces modifications en VC1 de façon à redémarrer le réacteur pour un deuxième cycle de fonctionnement avec un risque moindre de colmatage des lignes de purge VDA et VVP.

3. CONCLUSION

Compte tenu des actions déjà prises ou prévues à la suite des aléas et incidents survenus lors des essais de démarrage du système VDA, **l'IRSN n'identifie pas de point bloquant devant impérativement être traité avant le chargement du réacteur parmi les réserves d'essais signalées par EDF**. Néanmoins, l'IRSN estime que des actions complémentaires devront être prises pour garantir le maintien de la qualification et la fiabilité des équipements du système VDA, ce qui donne lieu aux positions affichées dans cet avis et aux recommandations présentées en annexe 1.

Enfin, l'IRSN note qu'EDF, parmi ses principaux engagements retranscrits en annexe 2, a prévu d'étudier et d'intégrer, au plus tard en VP2, des modifications complémentaires sur les lignes de purge des systèmes VDA et VVP afin d'exclure le renouvellement d'un marteau d'eau. L'IRSN estime que l'objectif d'EDF devrait être d'intégrer ces modifications en VC1 de façon à redémarrer le réacteur pour un deuxième cycle de fonctionnement avec un risque moindre de colmatage des lignes de purge VDA et VVP.

IRSN

Le Directeur général

Par délégation

Hervé BODINEAU

Adjoint au Directeur de l'expertise de sûreté

ANNEXE 1 À L'AVIS IRSN N° 2024-00066 DU 25 AVRIL 2024

Recommandations de l'IRSN

Recommandation n° 1

L'IRSN recommande qu'EDF réalise une manœuvre de 0 à au moins 15 % d'ouverture en mode « Tout ou Rien » de la vanne réglante VDA 1210 VV immédiatement après une séquence d'ouverture et de fermeture de la vanne d'isolement VDA 1110 VV lors de son essai de manœuvrabilité (à effectuer avant la divergence de l'EPR FA3), afin de vérifier la capacité opérationnelle d'ouverture en pression et en température de la vanne VDA 1210 VV.

Recommandation n° 2

L'IRSN recommande qu'EDF réalise des essais de manœuvrabilité complémentaires sur les VI VDA du réacteur EPR FA3 en arrêt à chaud avant la première divergence et au redémarrage du réacteur après la VC1.

ANNEXE 2 À L'AVIS IRSN N° 2024-00066 DU 25 AVRIL 2024

Engagements principaux de l'exploitant

Engagement n° 1

Un suivi de tendance est prévu sur les critères suivants associés aux essais de manœuvrabilité des vannes d'isolement VDA i110 VV :

- temps mort d'ouverture $\leq 1,68$ secondes ;
- temps d'ouverture $\leq 1,98$ secondes ;
- temps de fermeture ≤ 40 secondes.

Un suivi sera aussi réalisé sur la mesure du temps effectif d'ouverture (i.e. différence entre le temps d'ouverture et le temps mort d'ouverture).

Les seuils de vigilance associés à ce suivi de tendance sont élaborés sur la base des relevés effectués lors des essais de démarrage selon la méthodologie de suivi et des analyses de tendance. La méthode d'initialisation consiste à utiliser, pour chaque paramètre, une valeur de référence basée sur les mesures représentatives faites lors des essais de manœuvrabilité des vannes d'isolement VDA en décembre 2023. Pour chaque paramètre en suivi, le seuil de vigilance sera ensuite fixé à ± 40 % de la différence entre cette valeur et celle du critère S. Les seuils de vigilance ainsi définis seront intégrés dans les outils opérationnels du référentiel de maintenance.

En cas de dépassement d'un seuil de vigilance ou d'un critère de sûreté, une fiche de constat ou d'écart sera ouverte. L'analyse réalisée dans ce cadre portera l'identification des actions curatives, correctives et préventives au vu du dépassement constaté.

Engagement n° 2

Les vannes d'isolement VDA i110 VV feront l'objet d'une ouverture pour contrôle selon le calendrier suivant :

- ouverture de la première VI VDA à l'issue du premier cycle ;
- ouverture de la deuxième VI VDA à l'issue du deuxième cycle ;
- ouverture de la troisième VI VDA à l'issue du quatrième cycle ;
- ouverture de la quatrième VI VDA à l'issue du sixième cycle (i.e. lors de la première visite décennale).

Engagement n° 3

Un contrôle d'absence de fumerolles au niveau des silencieux sera réalisé tous les 7 jours dans le cadre de la ronde conduite. Le programme optimisé de maintenance des systèmes VDA et VVP portera cette nouvelle exigence. À la suite d'un constat de présence de fumerolles, des mesures de température d'échappement permettront d'orienter le diagnostic vers une fuite affectant une ligne VVP ou VDA.

Engagement n° 4

En cas d'apparition de fumerolles, des contrôles d'absence d'eau seront réalisés :

- en amont du diaphragme VDA ;
- sur une partie verticale de la ligne RPE du drain de la ligne d'échappement des lignes de contrôle des VI VDA ;
- sur une partie verticale de la ligne RPE du drain des lignes d'échappement des soupapes VVP.

L'absence d'eau sera contrôlée tous les mois dès l'apparition des fumerolles et pendant deux mois après la résorption de la fuite.

Engagement n° 5

Un démontage de tous les diaphragmes VDA pour inspection interne sera réalisé en VC1 et, en fonction du retour d'expérience de cette inspection, de nouveaux contrôles auront lieu a minima à chaque visite décennale.

Engagement n° 6

Un contrôle d'absence d'eau dans la tuyauterie de purge en amont du diaphragme VDA sera réalisé avant et après chaque ouverture et fermeture la VI VDA et de la VR VDA de la même ligne.

Engagement n° 7

Au plus tard en VP2, des modifications seront intégrées sur les lignes de purge des lignes d'échappement VDA et VVP dans le but d'assurer un meilleur suivi en service de la cinétique de corrosion de ces lignes et leur nettoyage le cas échéant. Ces modifications peuvent être, par exemple, l'ajout de brides ou manchettes sur le réseau de tuyauteries permettant ainsi de faciliter l'accessibilité de moyens de contrôle et de nettoyage.

Engagement n° 8

Des études de modifications des lignes de purge des lignes d'échappement VDA et VVP seront engagées dans le but d'éliminer ou de réduire significativement le risque d'accumulation de produits de corrosion dans ces lignes. Ces études seront finalisées au plus tard pour la VP2.