



RÉPUBLIQUE  
FRANÇAISE

Liberté  
Égalité  
Fraternité

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

Fontenay-aux-Roses, le 12 avril 2022

Monsieur le Président de l'Autorité de sûreté nucléaire

## AVIS IRSN N° 2022-00074

---

**Objet :** Transport interne - EDF  
**Opérations de transport interne de générateur de vapeur irradié des paliers CPY et 1300 MWe**

---

**Réf. :** Lettre ASN CODEP-DTS-2022-014126 du 18 mars 2022.

---

Par la lettre citée en référence, l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) sollicite l'avis et les observations de l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN) sur la conformité des opérations de transport interne de générateur de vapeur irradié (GVi) aux exigences figurant dans les règles générales d'exploitation (RGE), à la suite de la demande formulée par la société Electricité de France (EDF), dénommée ci-après l'exploitant, relative au remplacement de GVi des paliers CPY et 1300 MWe.

Lors de cette opération de remplacement, le GVi est transporté depuis le bâtiment réacteur (BR) vers un bâtiment d'entreposage sur le même site EDF, sans être emballé compte-tenu de ses dimensions. Son contenu est estimé inférieur à 100 A2<sup>1</sup>, seuil en dessous duquel les situations accidentelles ne sont pas considérées dans le dimensionnement, du fait des dispositions organisationnelles mises en place et des moyens de gestion d'une situation accidentelle rapidement mobilisables par EDF.

Pour mémoire, l'exploitant avait présenté, en 2015 et en 2017, des dossiers de conformité des systèmes de transport au regard des RGE des sites EDF. Dans ce cadre, il s'était alors engagé à présenter une analyse des conséquences d'une chute de GVi au cours de la manutention à l'extérieur des bâtiments et l'ASN avait formulé deux demandes portant sur :

- la justification de la qualité des soudures des obturateurs d'orifices sur les ouvertures non équipées de couvercles, au vu des sollicitations qu'elles pourraient subir et de la qualification du mode opératoire de soudage ;
- la transposition des dispositions retenues pour le transport interne des GVi 1300 MWe aux GVi 900 MWe.

L'ASN demande à l'IRSN d'examiner plus particulièrement les réponses de l'exploitant apportées à ces deux demandes et à son engagement relatif à l'analyse des conséquences d'une chute de GVi.

---

<sup>1</sup> Le A2 est une valeur tabulée par radionucléide dans le règlement des transports de matière radioactives de l'AIEA. Pour un radionucléide, une valeur de 1 A2 correspond à l'activité transportée qui induirait une dose efficace de 50 mSv aux intervenants en cas de destruction complète de l'emballage, en considérant des scénarios d'exposition prédéfinis.

MEMBRE DE  
**ETSON**

De l'évaluation des documents transmis, tenant compte des compléments apportés par l'exploitant au cours de l'expertise, l'IRSN retient les éléments suivants.

## 1. SOUDURES DES OBTURATEURS D'ORIFICES SUR LES OUVERTURES DES GVI

Pour assurer le confinement de la contamination surfacique interne des GVi lors des opérations de transport interne, leurs ouvertures sont fermées, avant transport, au moyen d'obturateurs d'orifices soudés. Les GVi sont alors considérés comme des sources scellées.

En réponse à la demande de l'ASN relative à la qualité des soudures des obturateurs d'orifices, l'exploitant a évalué, pour les phases de transport du GVi, les sollicitations qu'elles pourraient subir. Il a ainsi calculé la contrainte équivalente dans la soudure qui aboutirait à atteindre les deux tiers de la limite élastique de celle-ci, en retenant des hypothèses conservatives (masse maximale des obturateurs d'orifices, section résistante du cordon de soudure minimale et caractéristiques mécaniques des matériaux minimales). L'effort équivalent pour atteindre l'état de contrainte ainsi calculé correspond à une accélération treize fois supérieure à l'accélération considérée (1 g) dans les calculs de dimensionnement des berceaux placés sur la remorque de transport du GVi. L'exploitant conclut que ce résultat garantit la tenue des soudures des obturateurs d'orifices lors de la phase de roulage. **L'IRSN estime que cette justification est satisfaisante.**

S'agissant du mode opératoire de ces soudures, l'exploitant spécifie un minimum de deux passes de soudage suivi d'un contrôle visuel et dimensionnel. Il précise que ces soudures, réalisées selon les règles de l'art, font l'objet d'une fiche de mode opératoire de soudage intégrée au cahier de soudage relatif au scellement des GVi. Même si ces soudures ne font l'objet ni d'un référentiel de justification mécanique, ni d'une qualification de mode opératoire de soudage, **l'IRSN convient que la réalisation de deux passes de soudage, suivi d'un contrôle visuel, constitue des modalités suffisantes pour garantir l'étanchéité des GVi pour leur transport interne.** En outre, dans l'analyse des conséquences d'une chute de GVi, l'exploitant retient la perte d'intégrité des obturateurs d'orifices.

**L'IRSN estime que les justifications relatives à la qualité des soudures des obturateurs d'orifices apportées par l'exploitant permettent de répondre de manière satisfaisante à la demande de l'ASN.**

## 2. TRANSPOSITION DES DISPOSITIONS RETENUES POUR LE TRANSPORT INTERNE DES GVI 1300 MWe AUX GVI 900 MWe

Lors de la phase de roulage du véhicule de transport, le GVi est posé à l'horizontal sur des berceaux équipés d'un revêtement anti-dérapant, monté sur une plate-forme de transport. Le GVi n'étant pas fixé sur les berceaux, la vitesse et l'inclinaison de la chaussée sont limitées afin de prévenir son basculement.

En réponse à la demande de l'ASN relative à la transposition des dispositions de prévention du risque de basculement des GVi 1300 MWe aux GVi 900 MWe, l'exploitant a révisé la liste des dispositions génériques nécessaires pour l'organisation du transport interne des GVi des réacteurs de 900 MWe. Les dispositions portant sur la prévention du basculement d'un GVi sont similaires à celles retenues pour les réacteurs de 1300 MWe. En outre, l'étude de stabilité et de tenue au séisme réalisée par l'exploitant montre que ces dispositions permettent d'écarter le risque de basculement des GVi 900 MWe. **L'IRSN estime que ceci est satisfaisant et permet de répondre de manière satisfaisante à la demande de l'ASN.**

### 3. ANALYSE DES CONSEQUENCES D'UNE CHUTE D'UN GVI

Afin d'analyser les conséquences d'une chute de GVi au cours d'une manutention à l'extérieur des bâtiments, l'exploitant a présenté, d'une part une étude mécanique de chute de GVi, d'autre part une fiche réflexe qui traite des conséquences radiologiques et de l'organisation mise en place si un tel évènement venait à se produire.

#### 3.1. CONSEQUENCES MECANIQUES D'UNE CHUTE DE GVI SUR LE SOL

Les opérations de transport interne d'un GVi incluent une manutention à l'extérieur du BR, à une hauteur pouvant aller jusqu'à 27 mètres (cas d'un réacteur de 1300 MWe) au-dessus du niveau de la plateforme du site EDF.

Afin d'étudier les conséquences mécaniques d'une chute de GVi, l'exploitant a réalisé des simulations de chute de GVi sur sa boîte à eau (BàE), correspondant à sa partie inférieure, depuis une hauteur de 24 mètres, sur deux types de sols (mou et intermédiaire) représentatifs des sols rencontrés sur les différents sites EDF. Au cours de l'expertise, l'exploitant a toutefois indiqué que les hypothèses et les configurations retenues ne sont pas nécessairement toutes pénalisantes, mais visent à étudier de manière qualitative la résistance mécanique du GVi en cas de chute. Il conclut à l'absence de déformations plastiques significatives de l'acier ce qui lui permet d'écarter tout risque de rupture du GVi en cas de chute. Enfin, l'exploitant souligne que seule la rupture d'un GVi en plusieurs parties peut entraîner des conséquences radiologiques importantes. Même s'il écarte ce risque, l'exploitant considère de manière pénalisante la perte d'intégrité de tous les obturateurs d'orifices du GVi dans l'étude des conséquences radiologiques de la chute du GVi.

L'IRSN estime que les modélisations et les études de sensibilité présentées par l'exploitant ont été réalisées conformément à l'état de l'art pour ce type de calculs. **Ceci est satisfaisant dans le principe.** Toutefois, la présence de la remorque lors de la manutention n'est pas prise en compte et la modélisation du sol ne couvre pas l'ensemble des sites EDF. En outre, la hauteur de 24 m considérée dans les calculs est inférieure à la hauteur de manutention maximale pour les réacteurs de 1300 MWe. Elle reste néanmoins supérieure à la hauteur entre le bas du GVi, qui viendrait à basculer en sortie du BR en position verticale à la suite de la rupture d'une élingue, et le sol. **Au regard des résultats obtenus par l'exploitant, montrant une absence de déformation plastique notable de la boîte à eau du GVi, l'IRSN estime que la prise en compte de la remorque et d'une modélisation plus pénalisante du sol ne mettrait pas en cause les conclusions de l'exploitant.**

#### 3.2. CONSEQUENCES RADIOLOGIQUES

Les opérations de transport interne sont effectuées en mettant en place des zones d'exclusion autour du GVi visant à limiter la dose reçue par les travailleurs présents sur le site EDF. L'exploitant prévoit également de mettre en place des mesures préventives (sensibilisation des intervenants et sécurisation de l'itinéraire) afin de limiter le risque d'accident. En cas d'accident, une fiche réflexe, qui sera adaptée pour chaque site EDF, présente des cartographies de dose autour du GVi et liste les dispositions à mettre en œuvre pour limiter l'exposition des travailleurs.

Les calculs de l'exploitant, permettant d'établir ces cartographies, ont été réalisés en considérant la perte d'intégrité au niveau des obturateurs d'orifices d'un GVi et le terme source maximal retenu dans le cadre du dimensionnement et de la déclaration des bâtiments d'entreposage des GVi. L'exploitant a évalué l'impact radiologique en prenant en compte :

- l'exposition externe causée par la perte d'intégrité des obturateurs d'orifices à l'issue de la chute du GVi et liée au rayonnement du terme source contenu dans le GVi, au passage du panache et au rayonnement du dépôt sur le sol ;
- l'exposition interne liée à l'inhalation.

Sur la base de ces évaluations, l'exploitant estime que, en cas d'accident, la mise à disposition des équipements de protection individuels (EPI) adaptés pour les intervenants à proximité directe et la mise en place d'un balisage sur la base des cartographies génériques, à adapter pour chaque site, permettent de limiter le risque radiologique pour le personnel. En outre, les balises environnementales en limite de site EDF permettent de détecter une éventuelle augmentation de l'activité radiologique.

L'IRSN relève que les cartographies réalisées par l'exploitant, à l'aide de codes de calcul qualifiés pour ces configurations, tiennent compte de toutes les voies d'expositions sollicitées dans ce type d'accident. **Ceci est satisfaisant. En outre, l'IRSN estime que la méthode, en particulier les différentes voies d'exposition considérées et les hypothèses retenues dans ces calculs (spectre radiologique, fraction du terme source mise en suspension, etc.) sont acceptables. Enfin, l'IRSN estime que les dispositions retenues par l'exploitant, à titre préventif et afin de limiter l'impact radiologique sur les intervenants en cas d'accident, sont satisfaisantes.**

### 3.3. ORGANISATION DE CRISE

L'exploitant estime que les conséquences radiologiques d'une chute de GVi au cours de sa manutention et de son transport à l'extérieur des bâtiments pourraient nécessiter de mettre en place une organisation spécifique pour gérer un « événement de radioprotection non sous contrôle au bout de 2 h avec une exposition anormale du personnel », suite à l'atteinte des critères de déclenchement du plan d'appui et de mobilisation secours aux victimes ou événement radioprotection (PAM SAVER) ou du plan d'urgence interne (PUI). Aussi, l'exploitant établit sur chaque site EDF des fiches réflexes spécifiques pour le responsable intervention et le service compétent en radioprotection (SCR) qui présentent les matériels à leur disposition avant l'intervention de manutention et les actions à réaliser en cas de chute de GVi. Les fiches indiquent que, en cas de chute d'un GVi, le SCR alerte le directeur du site EDF qui est responsable du déclenchement du PUI et du PAM SAVER.

L'IRSN relève que les critères actuels de déclenchement du PAM SAVER (exposition anormale potentielle ou avérée de personnel ou contamination collective potentielle ou avérée, ou événement de radioprotection non sous contrôle au bout de 2h) permettent un grément d'une partie de l'organisation de crise locale et nationale de l'exploitant et d'une partie de l'organisation nationale de crise (alerte de l'ASN locale, de la préfecture et de l'ASN nationale). D'autre part, une chute de GVi à l'extérieur des bâtiments n'est pas de nature à entraîner des conséquences notables sur la santé de la population, l'environnement ou les biens. Compte tenu de ces éléments, **l'IRSN considère acceptable sur le principe que l'exploitant utilise l'organisation actuellement décrite dans le PAM SAVER pour gérer une telle situation.** À cet égard, il appartiendra à EDF de s'assurer que les actions décrites dans les prochaines évolutions du PAM SAVER permettent de maintenir le grément d'une organisation spécifique en cas de chute d'un GVi à l'extérieur des bâtiments.

## 4. MAINTENANCE

La manutention d'un GVi à l'extérieur du BR s'effectue à l'aide d'un portique extérieur (PEX) équipé d'un système de levage par vérins hydrauliques, mis en place uniquement pour cette opération. Suite notamment à un événement de chute de palonnier survenu sur un des sites EDF, l'IRSN souligne l'importance que, en préalable à toute manutention de GVi à l'aide du PEX, l'exploitant s'assure de la conformité des câbles, des pinces et des graisses constitutifs du système de levage afin de limiter tout risque de défaillance. Au cours de l'expertise, l'exploitant a précisé que des inspections internes et des actions de maintenance sont menées sur les vérins à câble du PEX conformément à la notice d'instruction qui prend dorénavant en compte le retour d'expérience de la chute de palonnier. **L'IRSN estime que ceci est satisfaisant.**

## 5. CONCLUSION

Sur la base des documents examinés et en tenant compte des informations transmises par la société EDF au cours de l'expertise, l'IRSN estime que les opérations de transport interne de générateur de vapeur irradié des paliers CPY et 1300 MWe sont conformes aux exigences figurant dans les règles générales d'exploitation.

**IRSN**

Le Directeur général

Par délégation

Eric LETANG

Adjoint au Directeur de l'expertise de sûreté