



AUTORITÉ
DE SÛRETÉ
NUCLÉAIRE

Direction
des centrales
nucléaires

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Montrouge, le 11/05/2022

Référence courrier :

CODEP-DCN-2022-021527

Affaire suivie par : Rémy Catteau

Bruno Chareyon

CRIIRAD

29 cours Manuel de Falla

26000 Valence

OBJET : Votre demande d'information du 14 avril 2022 concernant le réacteur EPR de Flamanville

REFERENCES :

- [1] Lettre de la CRIIRAD à l'ASN du 14 avril 2022
- [2] Lettre de réponse d'EDF à la CRIIRAD référencée D305922003509 du 21 mars 2022
- [3] Décision de l'ASN n° 2020-DC-0693 du 8 octobre 2020

Monsieur le directeur,

Par courrier en référence [1], vous interrogez l'ASN sur les problèmes détectés sur les assemblages de combustible du réacteur 1 de la centrale nucléaire de Taishan et leurs implications pour le réacteur EPR de Flamanville.

Rupture des dispositifs de maintien des gaines

Vous interrogez en particulier l'ASN sur le retour d'expérience des réacteurs français vis-à-vis des ruptures mécaniques des dispositifs de maintien des crayons au sein d'assemblages de combustible pouvant conduire à la dégradation de la gaine des crayons de combustible en service.

Deux phénomènes, qui pourront être utilisés dans le cadre de l'analyse des phénomènes observés à Taishan, ont été mis en évidence par le passé en France :

- au début des années 2000, un mécanisme d'endommagement, mais sans rupture, du dispositif de maintien a été à l'origine de pertes d'étanchéité de crayons de combustible dans des réacteurs de 1 300 MWe ;
- à partir du début des années 2010, la rupture de dispositifs de maintien de crayons de combustible a été à l'origine de la perte d'étanchéité d'une dizaine de crayons de combustible entre 2010 et 2019 sur l'ensemble des réacteurs français en exploitation.

Ces deux événements, présentés ci-après ont conduit Framatome à modifier la conception des assemblages de combustible.

Les crayons des assemblages de combustible fabriqués par Framatome sont maintenus au niveau des grilles par un système de ressorts. Ces dispositifs subissent sous irradiation une relaxation de leur contrainte de précharge par un mécanisme de fluage sous irradiation. Ainsi, la force de contact des crayons de combustible au niveau des grilles est susceptible de diminuer au cours du temps, sous certaines conditions et pour certains crayons. Les assemblages de combustible étant soumis à des sollicitations normales de service provenant du fluide primaire, de petits mouvements vibratoires deviennent alors possibles entre les crayons de combustible et leur support au niveau des grilles. La vibration de ces crayons au sein de leurs supportages peut entraîner une usure de la gaine des crayons du fait des faibles débattements répétés de ces derniers. L'usure peut alors conduire à un percement local des crayons, détectable en exploitation grâce au suivi de l'activité radiologique du fluide primaire.

Ce phénomène, qualifié de « *fretting* », a été observé en France au début des années 2000 dans plusieurs réacteurs de 1 300 MWe et en particulier dans le réacteur 3 de la centrale de Cattenom pour lequel, lors de son huitième cycle d'irradiation (1999-2001), l'usure a dégradé 92 crayons de combustible² dont la répartition dans le cœur semblait aléatoire, sans toutefois que la cause de ces pertes d'étanchéité ne soit attribuable à une rupture des ressorts de grilles des assemblages (cf. événement décrit ci-après).

Le *fretting* est un phénomène connu de l'ASN et de la communauté scientifique internationale. Il a été largement documenté dans des ouvrages et des articles du CEA, de l'IRSN ou encore de l'AIEA.

La solution apportée par les concepteurs des assemblages de combustible a consisté à ajouter une grille supplémentaire au-dessus de la grille inférieure des assemblages, de façon à renforcer le maintien des crayons. Cette solution a été validée par essais et calculs et a fait l'objet d'une instruction et de plusieurs actes administratifs de l'ASN visant à autoriser l'introduction de ce nouveau type d'assemblage dans quelques réacteurs de 1 300 MWe. Compte tenu du bon comportement de ce type d'assemblage en cœur, l'ASN a accepté en 2005 la généralisation de l'utilisation de cette solution pour tous les réacteurs de 1 300 MWe. Il est à noter que les combustibles du réacteur EPR de Flamanville sont déjà équipés de cette double grille en pied d'assemblage.

Au début des années 2010, un phénomène de fissuration parfois suivie de rupture des ressorts de grilles des assemblages de combustible a été mis en évidence sur des assemblages fabriqués par Framatome.

² Le cœur d'un réacteur de 1 300 MWe comporte environ 60 000 crayons de combustible.

Lorsque qu'un ressort se détache, l'élément ainsi libéré, dit « corps migrant », peut par la suite, sous l'effet du débit normal du circuit primaire, agresser les gaines de crayons de combustible et conduire à des pertes d'étanchéité.

En cas de fissuration du ressort sans rupture, les conditions locales de contact et de serrage dégradées du crayon de combustible adjacent sont favorables à l'usure de la gaine par vibration. Ce phénomène a été à l'origine de la perte d'étanchéité d'une dizaine de crayons de combustible entre 2010 et 2019 dans l'ensemble des réacteurs français en exploitation. Il n'a pas conduit, en France, à des pertes d'étanchéité notables du combustible.

L'analyse des causes a attribué l'origine de ces fissurations de ressorts à de la corrosion sous contrainte assistée par l'irradiation. La solution apportée par le concepteur des assemblages de combustible a consisté à réaliser un traitement thermique complémentaire des ressorts en usiné, afin de diminuer leur sensibilité à la corrosion sous contrainte. Cette solution a été validée en laboratoire sur des éprouvettes, dans des conditions de fonctionnement représentatives d'un réacteur à eau sous pression. Les assemblages de combustible bénéficiant de cette modification sont déployés sur les réacteurs français en exploitation depuis 2019.

Les assemblages de combustible livrés pour le réacteur EPR de Flamanville n'ont pas bénéficié de ce traitement thermique des ressorts car il n'était pas disponible au moment de leur fabrication.

L'ASN ne dispose pas d'élément permettant d'affirmer que la cause des événements mentionnés ci-dessus est identique à celle des pertes d'étanchéité observées à Taishan.

Vous interrogez également l'ASN sur le statut administratif des assemblages de combustible neufs actuellement entreposés dans la piscine du bâtiment combustible du réacteur EPR de Flamanville.

La décision en référence [3]³ autorise EDF à réceptionner et entreposer des assemblages de combustible qui sont destinés à être utilisés pour le fonctionnement. L'article 1^{er} de cette décision exclut tout chargement en combustible du réacteur.

Ainsi, l'utilisation des assemblages de combustible actuellement entreposés dans la piscine du bâtiment combustible ne sera possible qu'après la délivrance de l'autorisation de mise en service de l'installation.

L'ASN instruit actuellement la demande d'autorisation de mise en service et est, dans ce cadre, en attente du dossier d'EDF sur la prise en compte du retour d'expérience du combustible du réacteur 1

³ Cette décision est disponible au lien suivant : <https://www.asn.fr/l-asn-reglemente/bulletin-officiel-de-l-asn/installations-nucleaires/decisions-individuelles/decision-n-2020-dc-0693-de-l-asn-du-8-octobre-2020>

de la centrale nucléaire de Taishan. Le dossier attendu de la part d'EDF devra déterminer les conditions d'utilisation des assemblages de combustible déjà livrés, et le cas échéant, le besoin d'approvisionner des assemblages modifiés dans des quantités et selon des modalités d'exploitation à définir.

Frottements entre certains assemblages et l'enveloppe du cœur

Vous interrogez enfin l'ASN sur les conséquences d'un frottement de certains assemblages de combustible sur l'enveloppe du cœur.

Le courrier en référence [2] fait état d'un phénomène d'usure d'un nombre limité d'assemblages de combustible en exploitation, localisé à des emplacements spécifiques au sein du cœur et de l'assemblage, vraisemblablement dû à des sollicitations hydrauliques particulières et qui n'a pas conduit à des pertes d'étanchéité de crayons. Le retour d'expérience international fait référence à un cas similaire survenu sur un réacteur américain en 2004, pour lequel le problème a été résolu par la modification du combustible.

La description de ce phénomène et son analyse feront partie du dossier attendu par l'ASN en vue de la mise en service du réacteur EPR de Flamanville. L'ASN se prononcera sur son contenu (analyse des causes, conséquences pour le réacteur EPR de Flamanville et modifications éventuellement proposées) à l'issue de son instruction.

Je vous prie d'agréer, Monsieur le directeur, l'expression de ma considération distinguée.

Le directeur général adjoint



Julien COLLET

LISTE DE DIFFUSION

Diffusion externe en version électronique :

- IRSN : franck.dubois@irsn.fr ; yves.abourjeily@irsn.fr

Diffusion interne en version électronique :

- DCN : Rémy Catteau, Philippe Dupuy, Stéphanie Peiro, Olivier Elsensohn, Etienne Perez, Marc Le Calvar, Claude Manuel
- Division de Caen : Gaetan Lafforgue-Marmet, Sebastien Potte, Pierre Coché
- DIN/BCI

Archivage DCN :

- DCN : chrono départ