

Fontenay-aux-Roses, le 25 mars 2019

Monsieur le Président de l'Autorité de sûreté nucléaire

Avis IRSN/2019-00060

Objet : CEA/Marcoule
Centrale Phénix - INB n° 71
ECS - Étude du risque d'arrivée significative de sodium dans le puits du piège
froid primaire

Réf. [1] Saisine ASN CODEP-DRC-2019-005146 du 11 février 2019
[2] Décision ASN n° 2012-DC-0293 du 26 juin 2012

Par lettre citée en première référence, l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) demande l'avis et les observations de l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN) sur l'étude des risques de déversement de sodium primaire dans le local du piège froid primaire de l'installation nucléaire de base (INB) n° 71/Phénix, transmise par le Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives (CEA) en juillet 2018.

Contexte

À la suite de la réunion des groupes permanents d'experts de novembre 2011 dédiée aux évaluations complémentaires de sûreté (ECS) réalisées par les exploitants nucléaires consécutivement à l'accident nucléaire de Fukushima-Daiichi en mars 2011, l'ASN a prescrit au CEA, en annexe de sa décision citée en seconde référence ([CEA-INB71-ECS 06]), de préciser et transmettre à l'ASN « *son plan d'actions relatif à la mise en place de moyens complémentaires d'extinction des feux de sodium* ».

En réponse, le CEA a transmis, en septembre 2012, une note dans laquelle il présentait différentes solutions technologiques visant à limiter les risques de feu de sodium dans l'installation et notamment dans les locaux du barillet et du piège froid primaire. Il considérait alors que la mise en place de « puits de chaleur¹ » était *a priori* une solution adaptée. À la suite de l'expertise de cette note par l'IRSN, l'ASN a considéré, dans sa lettre d'octobre 2014, que la démarche du CEA était satisfaisante et lui a demandé de confirmer la non-régression de la

Adresse Courrier
BP 17
92262 Fontenay-aux-Roses
Cedex France

Siège social
31, av. de la Division Leclerc
92260 Fontenay-aux-Roses
Standard +33 (0)1 58 35 88 88
RCS Nanterre 8 440 546 018

¹ Il s'agissait de disposer un matériau à forte capacité thermique volumique dans les rétentions des cuves de sodium, afin de le refroidir, en cas de fuite, par conduction de la chaleur.

sûreté de l'installation en cas de mise en place de « puits de chaleur ». Sur la base des éléments communiqués par le CEA en mars 2015 en réponse à cette demande, l'IRSN a considéré, dans son avis de novembre 2015, que la mise en place de « puits de chaleur » constituerait une régression de la sûreté, en favorisant le débordement du sodium en dehors de sa rétention en cas de fuite importante. Cette position a été partagée par l'ASN dans sa lettre de janvier 2016.

Dans le dossier de septembre 2012, le CEA avait toutefois identifié un risque de siphonnage du sodium de la cuve du réacteur en cas de fuite du circuit de purification du sodium primaire, lorsque ce dernier est en fonctionnement. Le CEA avait identifié une incertitude sur les quantités de sodium susceptibles d'être siphonnées, et s'était engagé auprès de l'ASN, dans ce dossier, à « *étudier le risque d'arrivée significative de sodium dans le puits du piège froid primaire n° 1 en cas de séisme, et la faisabilité de modifications pour le limiter* ». Les éléments transmis par le CEA en juillet 2018 visent à répondre à cet engagement.

1 Description des locaux et équipements concernés

Le piège froid primaire est un équipement destiné à la purification² du sodium primaire. Il contient environ 4 m³ de sodium et 0,5 m³ d'un alliage sodium-potassium (NaK) non contaminé présent dans l'enveloppe externe du piège froid. Cet équipement est implanté dans un local dédié, inerté en permanence, équipé d'un cuvelage sur une hauteur de 30 cm destiné à recueillir une éventuelle fuite de NaK. L'activité radiologique contenue dans le piège froid est principalement constituée de ¹³⁷Cs³ et de ³H (respectivement 18,8 TBq et 630 TBq au 1^{er} janvier 2010). Il est à noter l'existence d'un second piège froid primaire, implanté dans un autre local dédié, qui n'a jamais été mis en service.

Le circuit de purification du sodium primaire (circuit PS) permet de faire circuler le sodium de la cuve primaire vers le piège froid primaire. Il est constitué de deux réservoirs de sodium reliés par une ligne équipée d'un diaphragme, d'une pompe électromagnétique, du piège froid, et d'un système de contrôle de la pureté du sodium. Les locaux traversés par ce circuit sont cuvelés, à l'exception du local des tuyauteries d'alimentation en sodium du piège froid, et sont inertés à l'azote. En cas de séisme, la pompe électromagnétique s'arrête automatiquement et le sodium contenu dans le réservoir supérieur se déverse par écoulement gravitaire vers le réservoir inférieur, jusqu'à la vidange complète du réservoir supérieur.

2 Évaluation des risques de fuite significative de sodium dans les locaux du piège froid primaire

La démarche du CEA consiste, dans un premier temps, à déterminer les emplacements des brèches potentielles du circuit PS les plus pénalisants en termes de quantités de sodium susceptibles de fuir. Dans un second temps, afin d'analyser les risques de feu de sodium, le CEA évalue les quantités de sodium qui auraient fui dans les différents locaux, dans le cas d'une rupture « guillotine » doublement débattue de la tuyauterie.

Sur la base des conditions de fonctionnement usuelles du circuit PS et de la géométrie des locaux, le CEA estime qu'un volume de 3,6 m³ est susceptible de se déverser dans le local du piège froid primaire. Ce volume de sodium atteindrait une hauteur de 2,8 m dans le local, bien au-delà de la hauteur de la rétention (0,3 m). Le CEA estime que ces quantités sont faibles au regard des quantités de sodium présentes dans la cuve principale. Aussi, le CEA

² Le principe de fonctionnement du piège froid consiste à refroidir le sodium pour y faire précipiter les impuretés et les piéger dans un filtre métallique.

³ Le ¹³⁷Cs est un produit de fission, notamment issu de pertes d'étanchéités des aiguilles de combustible au cours du fonctionnement du réacteur. Le ³H provient, quant à lui, de la diffusion au travers de la gaine des aiguilles de combustible.

écarte le risque de développement d'un feu de sodium important, et ce d'autant que le sodium fuyard est à une température faible par rapport à la température d'auto-inflammation d'une nappe dans l'air (environ 200°C), et reste dans un local où l'atmosphère est inertée par balayage. En outre, le faible taux de fuite de ce local permettrait de limiter une entrée d'air en cas d'arrêt du balayage en azote.

3 Avis de l'IRSN

L'évaluation du CEA des localisations des brèches sur le circuit PS les plus pénalisantes s'appuie sur la géométrie des locaux traversés par ce circuit (possibilité d'écoulement de sodium jusqu'aux locaux des pièges froids primaires, niveaux et volumes des rétentions des locaux), **ce qui n'appelle pas de remarque**. Par ailleurs, le CEA retient des scénarios de ruptures doublement débattues, orientées de telle sorte que le sodium se déverse effectivement vers le local du piège froid, **ce qui est satisfaisant**. Bien que l'IRSN ne considère pas le volume de sodium susceptible de fuir comme « *faible* » dans l'absolu, il est effectivement très inférieur au volume total des différentes capacités de sodium de l'INB n° 71. **En tout état de cause, l'approche du CEA, les hypothèses retenues ainsi que l'estimation des volumes de sodium déversés n'appellent pas de remarque.**

L'IRSN relève que le CEA, dans son analyse, ne considère pas la possibilité d'un feu de sodium pulvérisé. À cet égard, sur la seule considération de la température, l'IRSN rappelle qu'un feu de sodium pulvérisé peut se produire, dans l'air, dès la température de fusion du sodium. **Toutefois, les locaux considérés étant inertés, l'IRSN estime qu'il est acceptable d'écarter la possibilité d'un feu de sodium pulvérisé.**

Enfin, l'IRSN relève que le CEA ne considère pas les risques liés à l'interaction entre le sodium et le béton, alors que le béton du local des tuyauteries d'alimentation en sodium du piège froid n'est pas protégé par un cuvelage, et que le local du piège froid primaire n'est cuvelé que sur 30 cm de hauteur, ce qui correspond à une rétention d'un volume inférieur à 1 m³. L'IRSN rappelle qu'au contact du sodium liquide avec du béton, un phénomène de dégagement d'eau de ce dernier, pouvant conduire à une réaction sodium-eau, ne peut être totalement écarté.

En tout état de cause, l'IRSN rappelle que la recherche de dispositions techniques destinées à limiter les risques liés à la présence de sodium dans le local du piège froid primaire ont fait l'objet de plusieurs instructions entre 2012 et 2016, et qu'aucune disposition, parmi l'ensemble de celles examinées, n'avait finalement été considérée comme de nature à améliorer la sûreté en cas de fuite de sodium. Ceci étant, l'IRSN rappelle que des dispositions complémentaires ont déjà été mises en œuvre par le CEA pour limiter les conséquences d'un feu de sodium, telles que l'augmentation de la quantité de poudre extinctrice Marcalina disponible et la limitation de la température maximale du sodium du piège froid par l'intégration d'un seuil dans les règles générales d'exploitation.

L'IRSN estime que la limitation des risques liés à la présence de sodium dans l'INB n° 71 est désormais tributaire du maintien d'un haut niveau de priorité, dans la stratégie du CEA de démantèlement de ses installations, des opérations de traitement du sodium et, par voie de conséquence, des opérations actuellement en cours de déchargement des assemblages combustibles de la centrale Phénix.

Conclusion

De l'expertise des éléments présentés dans le dossier transmis par le CEA, l'IRSN estime que ce dernier répond de manière satisfaisante à son engagement. L'IRSN considère que l'évaluation du CEA du volume de sodium susceptible de se déverser dans le local du piège froid primaire est pertinente, et rappelle que des dispositions complémentaires de maîtrise du risque d'agression du piège froid primaire par du sodium ont déjà été mises en œuvre par le CEA.

Aussi, l'IRSN considère que la question de sûreté à l'origine de la prescription [CEA-INB71-ECS 06] peut être considérée comme soldée.

Ceci étant, au regard des risques de vidange de sodium par siphonnage dans le local du piège froid, l'IRSN rappelle l'importance d'un haut niveau de priorité des opérations de traitement du sodium et des opérations préalables associées (évacuation des éléments combustibles usés).

Enfin, dans les cas où les opérations de déchargement des éléments combustibles encore présents dans l'installation prendraient du retard et reporteraient d'autant les opérations de traitement du sodium, ou si une modification substantielle du décret de démantèlement était envisagée, l'IRSN souligne que les dispositions de maîtrise des risques liés au sodium devront à nouveau être examinées.

Pour le Directeur général et par délégation,

Marc Pultier

Chef du service de sûreté des installations de recherche et
des réacteurs en démantèlement