

Fontenay-aux-Roses, le 17 mars 2017

Monsieur le Président de l'Autorité de sûreté nucléaire

Avis IRSN/2017-00094

Objet : CEA/Cadarache  
INB n°24 - Cabri  
Utilisation de la hotte de transfert du combustible d'essais à l'aide du pont roulant du hall réacteur en présence d'éléments combustibles dans le bac annexe.

Réf. 1. Lettre ASN CODEP-MRS-2016-035763 du 9 septembre 2016.  
2. Lettre ASN CODEP-DRC-2012-001439 du 28 février 2012.  
3. Lettre ASN CODEP-DRC-2014-037832 du 15 octobre 2014.

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 la modification de l'INB n°24 - Cabri portant sur l'utilisation de la hotte de transfert du combustible d'essais à l'aide du pont roulant du hall réacteur de l'installation, en présence d'éléments combustibles autres que le « précurseur<sup>1</sup> » dans le bac annexe, déclarée par le Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives (CEA) en juin 2016.

### Contexte

La demande du CEA est motivée par le besoin d'entreposage de crayons combustibles Cabri actuellement présents dans l'installation Phébus (INB n°92) et par le souhait de pouvoir entreposer, dans le bac annexe<sup>2</sup>, les assemblages combustibles constituant le cœur Cabri en cas de déchargement de ce dernier.

Le réacteur Cabri, implanté dans l'Installation nucléaire de base (INB) n°24, sur le site CEA de Cadarache, doit permettre de réaliser des essais sur des crayons combustibles, dans des conditions représentatives de celles susceptibles d'être rencontrées en situation accidentelle dans les réacteurs électrogènes à eau sous pression.

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

<sup>1</sup> L'assemblage « précurseur » est composé de 9 crayons combustibles UO<sub>2</sub> dont la teneur massique en <sup>235</sup>U de l'uranium est de 8 %.

<sup>2</sup> Le bac annexe permet l'entreposage sous eau des assemblages combustibles du cœur Cabri.

Ce réacteur est composé :

- d'un cœur nourricier constitué d'assemblages combustibles de type  $UO_2$ , dont l'uranium présente une teneur en isotope 235 maximale de 6 % ;
- d'une boucle d'essai à eau sous pression (BEP) fonctionnant dans des conditions thermo-hydrauliques similaires à celles rencontrées dans un réacteur à eau sous pression et dont la partie située au centre du cœur contient le dispositif d'essai dans lequel est inséré le crayon combustible à tester.

Les assemblages combustibles du cœur nourricier sont manutentionnés à l'aide d'un emballage de transport appelé château X. En cas de déchargement du cœur, les assemblages combustibles sont transférés, de la piscine du réacteur au bac annexe, à l'aide de ce château.

Le dispositif d'essai contenant le crayon combustible à tester est manutentionné, quant à lui, à l'aide d'une hotte de transfert. Cette hotte, d'une masse de 12 tonnes et d'une longueur de 7,3 m, fait partie des charges lourdes manutentionnées par le pont roulant du hall réacteur. Sa manutention entre les différents postes du hall réacteur (cf. schéma en annexe 1 au présent avis) s'effectue en position verticale en respectant les trajets fixés par consigne.

Le bac annexe, situé dans le bâtiment réacteur, le long du voile Nord entre le bac 90 et l'alvéole du caisson BEP (cf. schéma en annexe 1 au présent avis), se compose d'une fosse en béton d'une profondeur de 8,9 m dont 1 m de margelle au-dessus du niveau 0,0 m du hall réacteur. Cette fosse est revêtue d'un cuvelage en acier inoxydable et comporte une cuve métallique. Le fond du bac annexe est aménagé de manière à pouvoir accueillir des paniers alvéolés, ainsi que le château X sur un emplacement réservé. Le nombre d'emplacements pour paniers alvéolés est de sept et ces emplacements peuvent accueillir indifféremment des paniers pour éléments sains (assemblages ou râteliers alvéolés de crayons combustibles) ou un panier pour assemblages ruptés. La zone d'entreposage du bac annexe est surplombée par un plan de pose destiné à recevoir les éléments réflecteurs en graphite du cœur Cabri. Par ailleurs, le bac annexe permet de recevoir le poste mobile de reconstruction des assemblages et de contrôle des crayons. Des conteneurs (exempts de matière fissile) et des gaffes sont également entreposés dans des râteliers fixés en partie haute du bac.

### **Enjeu de sûreté**

La manutention de la hotte à l'aide du pont roulant du hall réacteur, en présence d'éléments combustibles autres que le « précurseur » dans le bac annexe, modifie l'analyse de la prévention du risque de criticité dans ce bac. L'événement redouté à l'égard de ce risque est l'endommagement, consécutif à une chute de la hotte, des éléments combustibles entreposés dans le bac annexe. Ce scénario, pris en compte dans la démonstration de sûreté en vigueur de l'installation, conduit actuellement à limiter le contenu en matières fissiles du bac annexe, lors de l'utilisation de la hotte à l'aide du pont roulant, au seul assemblage combustible « précurseur ».

### Plan d'entreposage du bac annexe

Dans la démonstration de sûreté transmise à l'appui de la déclaration de modification, et bien qu'il considère qu'un basculement de la hotte dans le bac annexe soit exclu, le CEA prend en compte, « *au titre de la défense en profondeur* », l'agression des éléments combustibles entreposés dans le bac annexe par basculement de la hotte. Il considère l'endommagement de deux paniers situés en partie Nord du bac. Afin de limiter les interactions neutroniques entre les matières fissiles après endommagement de l'entreposage, le CEA propose d'imposer une distance d'au moins 70 cm entre les crayons contenus dans deux alvéoles adjacentes susceptibles d'être endommagées et toute autre matière fissile de l'entreposage. Cette démarche conduit le CEA à interdire l'entreposage d'éléments combustibles dans quatre alvéoles de chacun des deux paniers (qui en comportent six au total) situés en partie Nord du bac. Les cinq autres paniers font partie d'une zone définie comme étant « non agressée » conformément au plan d'entreposage du bac annexe proposé par le CEA. Dans cette zone, le CEA demande l'autorisation de charger l'ensemble des alvéoles des paniers.

### Évaluation de l'IRSN

L'évaluation par l'IRSN des éléments transmis par le CEA à l'appui de sa déclaration de modification a porté sur :

- les risques d'agression des éléments combustibles entreposés dans le bac annexe et leurs éventuelles conséquences à l'égard du risque de criticité ;
- les dispositions de prévention du risque de criticité envisagées par le CEA et le projet de mise à jour du référentiel de sûreté associé.

De l'examen des éléments précités, complétés par les éléments recueillis au cours de l'instruction, l'IRSN retient les points suivants.

S'agissant des risques d'agression des éléments combustibles entreposés dans le bac annexe en cas de manutention de la hotte à l'aide du pont roulant du hall réacteur, **l'IRSN relève que le CEA ne prend pas en compte, dans sa démonstration, la présence, dans le bac annexe, de la plaque de supportage des éléments réflecteurs et du poste de reconstruction des assemblages et de contrôle des crayons, équipements qui pourraient modifier les modes d'endommagement de l'entreposage en cas de chute de la hotte.** L'IRSN relève que l'absence de ces équipements lors de la manutention de la hotte n'est toutefois mentionnée ni dans le rapport de sûreté ni dans les règles générales d'exploitation. **Ce point fait l'objet de l'observation n° 1 en annexe 2 au présent avis.**

L'agression des éléments combustibles entreposés dans le bac annexe est étudiée par le CEA sous l'angle du basculement de la hotte dans le bac. En tenant compte du trajet de manutention de la hotte et de son centre de gravité, le CEA conclut, sur la base d'une étude des dimensions et des distances mises en jeu, à l'impossibilité physique de basculement de la hotte dans le bac annexe. **Ceci n'appelle pas de remarque de la part de l'IRSN.** Considérant que la hotte ne serait pas susceptible de basculer dans le bac annexe et de venir agresser directement les éléments combustibles entreposés, l'IRSN ne porte pas d'avis sur les alvéoles des paniers du bac annexe, définies comme endommagées et non endommagées par le CEA dans la démonstration de sûreté réalisée « *au titre de la défense en profondeur* » (basculement de la hotte dans le bac annexe).

Si la hotte ne peut pas basculer dans le bac annexe, sa chute dans le hall réacteur pourrait néanmoins induire un endommagement de l'entreposage des éléments combustibles du bac annexe. Pour ce qui concerne l'agression des éléments combustibles entreposés par des blocs de béton qui se détacheraient de la margelle du bac annexe sous l'impact de la hotte en cas de chute de cette dernière sur la margelle, l'IRSN considère que les éléments présentés par le CEA sont acceptables pour le cas de la chute verticale en tête de margelle, mais qu'ils sont à compléter pour le cas d'une « chute oblique<sup>3</sup> » de la hotte pour laquelle le CEA ne présente pas d'éléments. Aussi, **l'IRSN considère que les éléments relatifs aux conséquences de la chute de la hotte sur la margelle présentés par le CEA ne sont pas suffisants pour justifier l'absence de remise en cause de la sûreté-criticité de l'entreposage des éléments combustibles du bac annexe liée à l'endommagement de la margelle.**

L'IRSN relève par ailleurs que la partie supérieure des conteneurs entreposés en râtelier, en partie haute du bac annexe, est à une cote plus élevée que celle de la face supérieure de la margelle et que la hotte pourrait, dans sa chute depuis le poste du bac 60, venir agresser le râtelier d'entreposage de ces conteneurs. **L'IRSN estime que les éléments présentés par le CEA ne sont pas suffisants pour justifier l'absence de remise en cause de la sûreté-criticité des éléments combustibles entreposés dans le bac annexe liée à la chute de tout ou partie du râtelier d'entreposage des conteneurs situé en partie haute du bac.**

Aussi, de l'évaluation précitée des risques d'agression des éléments combustibles entreposés dans le bac annexe induits par une chute de la hotte, **l'IRSN conclut que, en l'état actuel des éléments présentés dans le dossier du CEA, il n'est pas possible de garantir qu'une zone d'entreposage du bac annexe ne serait pas agressée.**

Concernant les postes d'accostage/désaccostage de la hotte les plus proches du bac annexe (poste « SB1 » et poste du bac 90), l'IRSN relève que la distance séparant ces postes du bac annexe est faible. Considérant par ailleurs que le frein de sécurité du pont roulant n'est pas dimensionné à une charge de 12 tonnes et que la chute de la hotte dans le bac annexe pourrait conduire à un accident de criticité selon le contenu du bac en éléments combustibles, l'IRSN a examiné les dispositions garantissant la sûreté des opérations de manutention de la hotte au niveau de ces deux postes.

S'agissant de l'interdiction de survol du bac annexe par la hotte mentionnée dans les règles générales d'exploitation de l'installation Cabri, le CEA précise que le respect du trajet de consigne au niveau des postes précités est garanti par :

- l'opérateur réalisant la manutention de la hotte au moyen de la commande manuelle du pont ;
- la présence d'un second opérateur, en charge de la surveillance des opérations ;
- l'attention des opérateurs fixée exclusivement sur les mouvements de la hotte ;
- l'existence de pions de centrage sur la face supérieure du poste s'enclenchant dans la semelle de la hotte lors des mouvements de levage à l'aplomb du poste, ces pions constituant un repère visuel.

Les opérations de manutention de la hotte sont identifiées, par le CEA, comme sensibles au regard des risques liés aux facteurs humains et organisationnels. À cet égard, le CEA a pris l'engagement suivant, devant

---

<sup>3</sup> Lors d'une « chute oblique » de la hotte sur la margelle, l'effort d'impact possède une composante horizontale.

être soldé préalablement à la réalisation du premier essai expérimental actif de la boucle à eau sous pression :

*« L'exploitant s'engage à transmettre un programme comprenant les thèmes et les scénarios retenus dans le cadre des essais de commission pour analyser, sous l'angle des facteurs humains et organisationnels, les activités sensibles identifiées dans le rapport provisoire de sûreté.*

*L'exploitant s'engage également à transmettre, à l'issue de ces observations, une synthèse des résultats de ce programme incluant notamment :*

- *le retour d'expérience ;*
- *l'identification, le cas échéant, des défaillances humaines potentielles pouvant survenir dans le cadre des activités sensibles et les mesures correctives envisagées. »*

La réponse du CEA devra intégrer les opérations de manutention de la hotte.

Par ailleurs, en réponse à la demande de l'ASN relative à la robustesse de la ligne de levage formulée dans la lettre citée en deuxième référence, le CEA a présenté une évaluation de celle-ci et a proposé des améliorations, compte tenu de la probabilité élevée d'occurrence d'une chute de charge supérieure à 100 kN (cas de la hotte). Cette évaluation et ces améliorations seront examinées par l'IRSN dans le cadre du prochain réexamen de sûreté de l'installation prévu en 2017, conformément à la lettre ASN citée en troisième référence.

**L'IRSN considère que les éléments précités permettront d'apprécier la sûreté des opérations de manutention de la hotte au niveau des postes « SB1 » et du bac 90.**

Enfin, l'IRSN a examiné l'analyse de la sûreté-criticité de l'entreposage des éléments combustibles présentée par le CEA, l'objectif étant de définir des conditions sûres d'entreposage dans le bac annexe en l'état actuel du dossier du CEA. L'IRSN a expertisé la démonstration associée à la situation accidentelle pour laquelle le CEA retient la perte de la géométrie d'un panier et des crayons qu'il contient. Pour cette situation, le milieu fissile retenu par le CEA ainsi que l'ensemble des calculs réalisés par ce dernier n'appellent pas de remarque particulière. Aussi, l'IRSN estime que la sous-criticité du bac annexe est garantie dès lors que le nombre maximal de crayons UO<sub>2</sub> d'enrichissement maximal en <sup>235</sup>U égal à 6 % dans chaque panier susceptible d'être endommagé est de 45, et que la distance minimale bord à bord entre les alvéoles chargées est de 70 cm. Néanmoins, s'agissant de la mise à jour du rapport de sûreté de l'installation relative à la sous-criticité du bac annexe, l'IRSN formule l'observation n°2 en annexe 2 au présent avis concernant la valeur du critère d'admissibilité retenue en configuration accidentelle.

### **Conclusion de l'IRSN**

En conclusion de son évaluation, l'IRSN considère que les éléments qui ont été à ce jour présentés par le CEA dans le cadre de la demande d'utilisation de la hotte à l'aide du pont roulant du hall réacteur en présence d'autres éléments combustibles que le « précurseur » dans le bac annexe ne permettent pas de garantir une zone « non agressée » au niveau de la zone d'entreposage des éléments combustibles du bac annexe, quelle que soit la configuration de chute de la hotte. Dans ces conditions, l'IRSN estime que la sûreté-criticité des

opérations de manutention de la hotte à l'aide du pont roulant du hall réacteur n'est pas garantie pour les configurations d'entreposage dans le bac annexe demandées par le CEA.

Pour se prononcer sur l'utilisation de la hotte à l'aide du pont roulant en présence d'éléments combustibles dans le bac annexe selon les configurations d'entreposage demandées par le CEA, l'IRSN considère que les compléments suivants sont nécessaires :

- une analyse des risques de « chute oblique » de la hotte sur la margelle du bac annexe afin de justifier l'absence de remise en cause de la sûreté-criticité de l'entreposage des éléments combustibles du bac annexe liée à l'endommagement de la margelle ;
- des compléments d'étude relatifs à la chute et au basculement de la hotte depuis le poste du bac 60 vers le bac annexe afin de justifier l'absence de remise en cause de la sûreté-criticité de l'entreposage des éléments combustibles du bac annexe liée à la chute de tout ou partie du râtelier d'entreposage des conteneurs situé en partie haute du bac.

De plus, les conclusions relatives à l'observation, sous l'angle des facteurs humains et organisationnels, des opérations de manutention de la hotte notamment au niveau des postes « SB1 » et du bac 90 réalisées dans le cadre des essais de commission, permettront de consolider les éléments précisés par le CEA portant sur la garantie du respect du trajet de consigne au niveau de ces postes.

En outre, il est prévu d'examiner, dans le cadre du prochain réexamen de sûreté de l'installation Cabri, les améliorations proposées par le CEA à l'issue de son évaluation de la robustesse de la ligne de levage du pont roulant, évaluation transmise en réponse à la demande de la lettre citée en deuxième référence.

En tout état de cause, en l'état actuel du dossier du CEA, l'IRSN estime que la sûreté-criticité des opérations de manutention de la hotte à l'aide du pont roulant du hall réacteur est garantie quelle que soit la configuration de chute de la hotte, dès lors que :

- le nombre maximal de crayons combustibles  $\text{UO}_2$  d'enrichissement maximal en  $^{235}\text{U}$  égal à 6 % dans un panier d'entreposage du bac annexe est de 45 ;
- la distance minimale bord à bord entre les alvéoles contenant des crayons combustibles d'enrichissement maximal en  $^{235}\text{U}$  égal à 6 % ou entre ces alvéoles et celle contenant le « précurseur » est de 70 cm dans l'intégralité du bac.

Le respect de ces conditions permettrait l'entreposage dans le bac annexe des assemblages et des crayons combustibles actuellement dans l'installation Phébus ainsi que de l'assemblage « précurseur ».

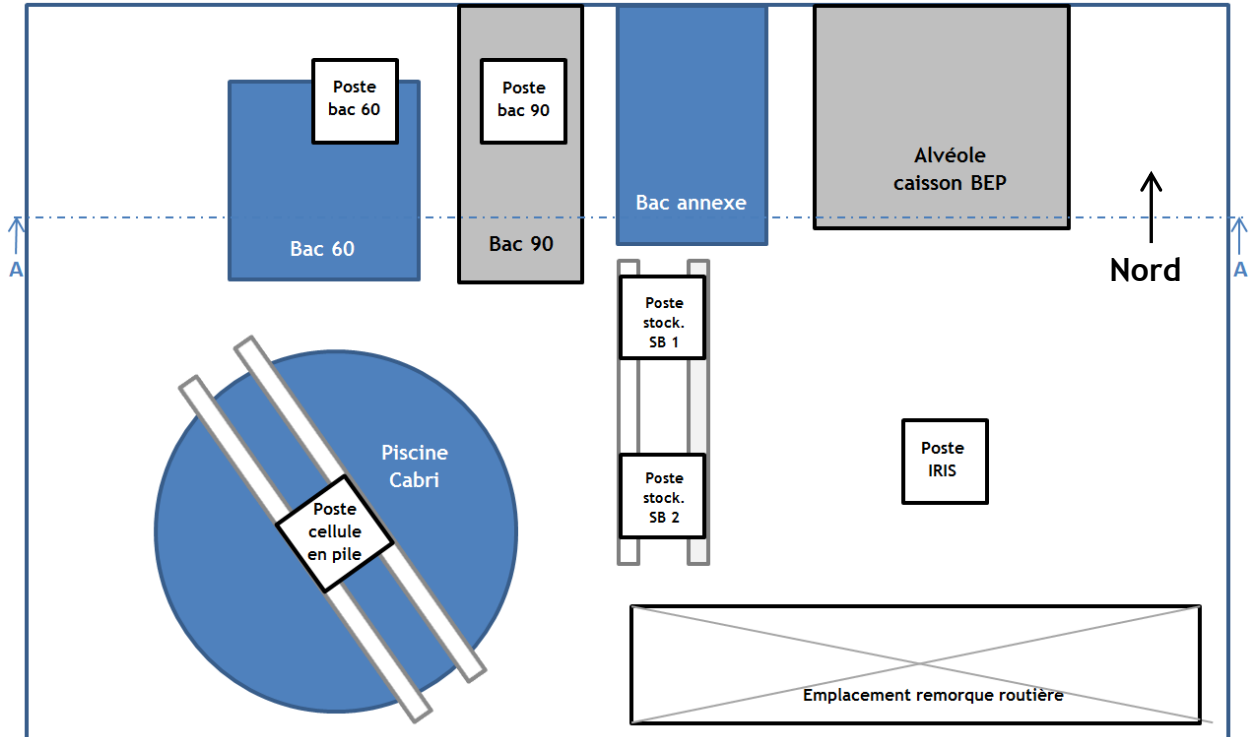
Enfin, à l'issue de son instruction, l'IRSN formule les observations mentionnées en annexe 2 au présent avis.

Pour le Directeur général et par délégation,

Frédérique PICHEREAU

Adjoint au directeur de l'expertise de sûreté

Annexe 1 à l'Avis IRSN/2017-00094 du 17 mars 2017  
Schéma du hall réacteur (vue en plan)



Annexe 2 à l'Avis IRSN/2017-00094 du 17 mars 2017

Observations

Observation n° 1 :

L'IRSN considère que le CEA devrait préciser, dans le rapport de sûreté et les règles générales d'exploitation, que la plaque de supportage des éléments réflecteurs et le poste de reconstruction des assemblages et de contrôle des crayons sont absents du bac annexe en cas de manutention de la hotte à l'intérieur du hall réacteur.

Observation n° 2 :

L'IRSN considère que le CEA devrait remplacer, dans son rapport de sûreté, le critère d'admissibilité (0,995) par la valeur retenue habituellement pour ce type de configuration accidentelle (0,98) et présenter un argumentaire sur le caractère acceptable de la valeur maximale du  $k_{\text{eff}}$  obtenue vis à vis de ce critère.