

Fontenay-aux-Roses, le 4 juillet 2017

Monsieur le Président de l'Autorité de sûreté nucléaire

Avis IRSN/2017-00222

Objet : Institut Laue-Langevin
Réacteur à haut flux (INB n° 67)
Modification temporaire du treuil de la hotte de manutention

Réf. Lettre ASN CODEP-LYO-2017-022800 du 9 juin 2017

Par lettre citée en 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 demande d'autorisation de modification temporaire et d'utilisation du treuil de la hotte de manutention formulée par l'Institut Laue-Langevin (ILL), exploitant du réacteur à haut flux (RHF) situé à Grenoble. Cette demande s'inscrit dans les suites de l'évènement significatif, déclaré en mai 2017 par l'ILL, relatif au blocage d'un élément combustible dans sa hotte de manutention.

1 CONTEXTE

1.1 Modalités générales de gestion des éléments combustibles irradiés en réacteur

Le RHF a pour objectif de délivrer aux scientifiques des faisceaux de neutrons calibrés et guidés à l'aide de canaux horizontaux. Ces neutrons sont produits dans le cœur du réacteur constitué d'un seul élément combustible (EC) refroidi par un circuit primaire en eau lourde. L'EC comprend deux viroles concentriques entre lesquelles sont disposées des plaques d'uranium enrichi en ²³⁵U gainées d'aluminium. Le canal de transfert de l'installation, adjacent à la piscine du réacteur, est divisé en trois canaux. Parmi ces canaux, le canal 2 est notamment dédié à l'entreposage des EC irradiés placés dans les hottes de manutention et les paniers d'entreposage.

À la fin d'un cycle de fonctionnement du réacteur, l'EC irradié est évacué vers le canal 2 dans une hotte de manutention, celle-ci étant déplacée au moyen d'un portique de manutention. La hotte contenant l'EC est alors positionnée sur l'un des deux plots de refroidissement situés au fond du canal 2 (voir figure en annexe 1). Le corps de la hotte, de forme cylindrique, accueille l'EC maintenu à l'intérieur de celle-ci par un grappin. Dans cette configuration, l'EC est refroidi par convection naturelle par le biais d'un échangeur latéral positionné sur la hotte, l'évacuation

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

de la puissance résiduelle de l'EC s'effectuant vers l'eau du canal 2. L'extrémité inférieure de la hotte est normalement fermée par une vanne à double opercule située sous le niveau de l'EC.

Les mouvements (verticaux) de l'EC dans la hotte sont réalisés au moyen du grappin précité par l'intermédiaire du treuil de la hotte. Celui-ci est constitué d'un tambour et d'un mécanisme de commande situés en partie supérieure de la hotte, ainsi que de deux rubans métalliques plats s'enroulant sur le tambour du treuil. Le verrouillage sur l'EC est assuré grâce au mouvement différentiel des deux rubans métalliques.

Après une période de refroidissement de 50 jours dans la hotte, l'EC est extrait de celle-ci par la partie inférieure pour être d'abord déposé au fond du plot de refroidissement, puis transféré *in fine* dans les paniers d'entreposage du canal 2. Cette opération de dépose de l'EC au fond du plot de refroidissement s'appelle la «
ponte
» de l'EC. Il existe deux types de «
ponte
» :

- lors d'une «
ponte
» dite normale, la vanne inférieure de la hotte est ouverte et l'EC est descendu à vitesse réduite par le treuil de la hotte au fond du plot de refroidissement ;
- lors de la «
ponte
» dite d'urgence, la vanne inférieure de la hotte est ouverte puis le treuil intégralement déroulé. Cette action de sauvegarde est destinée, en cas de baisse anormale du niveau d'eau dans le canal 2, à placer rapidement l'EC dans la partie dite «
indénoyable
» du canal 2 », sous le seuil des batardeaux du canal.

1.2 Blocage de l'élément combustible dans la hotte de manutention

Le jeudi 17 mai 2017, l'ILL procède à un essai de «
ponte
» d'urgence de l'EC issu du dernier cycle en date de fonctionnement du réacteur. Après activation de la «
ponte
» depuis la salle de contrôle, la vanne inférieure de la hotte s'ouvre puis les rubans métalliques du treuil se déroulent, mais l'EC reste bloqué au-dessus du niveau de la vanne, les opérateurs constatant l'apparition d'alarmes relayant notamment une «
perte de poids
» de l'EC sur les rubans métalliques. Le déroulement de ces derniers s'est néanmoins poursuivi, conformément aux modalités de la «
ponte
» d'urgence.

L'ILL a déclaré le 19 mai 2017 à l'ASN un événement significatif pour la sûreté relatif à une «
ponte de l'EC incomplète
». Cet événement a été classé au niveau 1 de l'échelle INES.

1.3 Premières actions mises en œuvre par l'ILL à la suite du blocage de l'élément combustible

Afin de limiter le risque de chute de l'EC au fond du canal 2, l'ILL a rapidement refermé partiellement la vanne inférieure de la hotte. Compte tenu de la faible puissance résiduelle de l'EC au moment de l'événement, son refroidissement est assuré par simple conduction thermique et n'a donc pas fait l'objet de préoccupation particulière de la part de l'ILL.

L'ILL a mis en œuvre des inspections télévisuelles au moyen de caméras afin d'observer, d'une part l'EC par le dessous de la hotte, d'autre part la partie supérieure du corps de la hotte de manutention située au-dessus de l'EC. Si l'origine du blocage de l'EC n'a pas pu être identifiée de manière certaine, l'ILL estime que la cause la plus probable est la présence d'un corps étranger qui se serait introduit entre l'EC et la paroi interne du corps de la hotte, le jeu entre les deux pièces n'étant que de quelques millimètres. Par ailleurs, après avoir actionné légèrement le treuil, l'ILL observe un mouvement du grappin sans que cela induise une mise en mouvement de l'EC. Ceci conduit l'ILL à conclure que le grappin est désolidarisé de l'EC. **L'IRSN précise, eu égard à la complexité du mécanisme de verrouillage du grappin sur l'EC et à la qualité moyenne des images obtenues (la parallaxe rend**

notamment difficile l'appréciation des distances), que le positionnement de l'ensemble des pièces du grappin assurant le verrouillage de celui- sur l'EC ne peut être déterminé avec certitude.

L'ILL a également tenté de rembobiner les rubans métalliques, mais ces derniers se sont rapidement bloqués. L'ILL a alors ouvert la trappe de visite du caisson du treuil et n'a pas constaté d'état anormal des rubans en entrée de la cage du tambour du treuil. Le démontage de ce caisson a toutefois montré que les rubans n'étaient plus enroulés sur le tambour et qu'ils s'étaient détendus dans la cage du tambour. Un endommagement de l'extrémité des rubans et la rupture de l'un de ces derniers ont en outre été mis en évidence. L'état des rubans sur toute leur longueur n'a cependant pas pu être vérifié par l'ILL. **Même si la constitution des rubans n'est pas de nature à favoriser leur emmêlement ou leur pliage, l'IRSN précise que le blocage des rubans ou leur endommagement dans les parties internes de la hotte ne peut pas être écarté.**

1.4 Demande de l'ILL et contour de l'évaluation de l'IRSN

L'endommagement partiel des rubans et leur déroulement dans la cage du tambour du treuil rendent ce dernier inutilisable. Aussi, l'ILL demande l'autorisation de modifier temporairement le treuil de la hotte de manutention dans laquelle est bloqué l'EC afin de réaliser des opérations de manutention du grappin (verrouillage, déverrouillage, montée et descente) en vue de débloquer l'EC, de le déposer au fond d'un plot de refroidissement, puis *in fine* de le placer dans un panier d'entreposage.

En support à sa demande d'autorisation, l'ILL a transmis un dossier dans lequel il décrit les opérations envisagées et présente l'analyse de sûreté associée.

Conformément à la demande de l'ASN citée en référence, l'IRSN a examiné les dispositions envisagées par l'ILL au regard des exigences de sûreté de l'installation et de radioprotection des travailleurs. De l'examen du dossier transmis, l'IRSN retient les points développés ci-après.

2 DESCRIPTION DES MODIFICATIONS DU TREUIL DE MANUTENTION DE LA HOTTE

Afin de réaliser les opérations de manutention et de verrouillage du grappin, l'ILL prévoit la mise en place d'un dispositif de levage à l'extérieur de la hotte en remplacement du treuil de manutention endommagé de la hotte.

Ce dispositif est composé de trois palans manuels à chaîne (appareils de levage à système démultiplicateur). Dans l'objectif de réaliser le mouvement vertical différentiel entre les deux rubans plats métalliques permettant les actions de verrouillage et de déverrouillage du grappin, chacun des rubans sera relié à un palan par l'intermédiaire d'un peson assurant une mesure en continu du poids suspendu au ruban. Les deux palans seront eux-mêmes accrochés au troisième palan qui sera maintenu au pont roulant du hall réacteur de l'installation (voir figure en annexe 1) pour permettre les mouvements d'ensemble de montée-descente du grappin.

Les rubans seront extraits du tambour, puis fixés individuellement sur une attache ayant la forme d'un mors enserrant chaque ruban. Chaque attache est équipée en sa partie supérieure d'une oreille de manutention permettant la liaison avec le peson des palans.

La course normale des rubans s'effectuant dans l'axe vertical de la hotte, l'ILL prévoit de déporter l'ensemble du dispositif de reprise par rapport à cet axe. Pour ce faire, une pièce de renvoi métallique supportant deux poulies en polyamide sera mise en place dans le caisson du treuil (voir figure en annexe 1).

3 ANALYSE DE LA SÛRETÉ DES OPÉRATIONS PRÉVUES

3.1 Mode opératoire des actions envisagées

Après la mise en place du nouveau dispositif de levage décrit supra, les opérateurs commenceront par actionner un mouvement de montée/descente du grappin afin de vérifier l'état de verrouillage de celui-ci sur l'EC bloqué dans le corps de la hotte. S'il s'avère que le grappin n'est pas verrouillé sur l'EC, le grappin sera abaissé jusqu'à ce que les opérateurs constatent une « perte de poids » sur les pesons, celle-ci signifiant la mise en appui du grappin sur l'EC. Un déplacement latéral différentiel des rubans visant à verrouiller le grappin sur l'EC sera alors réalisé en vue d'engager la remontée du grappin et de l'EC afin de débloquent ce dernier. Les opérateurs vérifieront, d'une part la reprise de la charge de l'EC par le grappin à l'aide des pesons, d'autre part le mouvement simultané de l'EC et du grappin grâce à l'inspection télévisuelle menée par le dessous de l'EC. Si le poids total mesuré sur la ligne de levage (*i.e.* la somme des poids mesurés par les deux pesons) excède la charge maximale autorisée par l'ILL pour les opérations (soit 400 kg, ce qui représente environ 1,5 fois la masse du grappin et de l'EC), l'opération sera suspendue. L'ILL prévoit la possibilité de renouveler les opérations de verrouillage précitées en se limitant toutefois à trois essais au maximum. Si le verrouillage et le déblocage de l'EC sont effectifs, les opérateurs procéderont à la descente de l'EC jusqu'au niveau de la vanne inférieure de la hotte sans toutefois que l'EC ne s'appuie sur l'opercule supérieur de la vanne. Celle-ci sera alors ouverte, puis l'EC sera déposé au fond du plot de refroidissement situé dans le canal 2.

En cas de dépassement de la masse maximale que l'ILL s'est fixée pour les opérations, d'une situation anormale ou de l'échec des opérations précitées (non-reprise de l'EC par le grappin), les opérations seront arrêtées. L'ILL envisagera alors une nouvelle procédure qui fera l'objet d'une demande d'autorisation particulière auprès de l'ASN.

Le mode opératoire envisagé dans le cadre de la présente demande d'autorisation appelle les remarques suivantes de la part de l'IRSN :

- **l'IRSN considère que, lors de la mise en place du dispositif de levage, l'état de la partie visible des rubans doit être vérifié (absence de pliure ou de fissure), compte tenu des incertitudes sur leur état général.** Par ailleurs, l'ILL ayant indiqué que la longueur maximale sera utilisée pour permettre la dépose de l'EC au fond du canal 2, **l'IRSN estime nécessaire que l'ILL s'assure, avant la mise en œuvre des opérations, que la longueur des rubans disponible après le retrait des parties endommagées est suffisante pour déposer l'EC en fond de canal ;**
- l'IRSN note que, lors des opérations de montée/descente du grappin (seul ou avec l'EC), le dépassement du critère retenu par l'ILL relatif au poids mesuré sur l'ensemble de la ligne de levage conduira à la suspension des opérations, quelle que soit l'origine du dépassement. L'IRSN relève cependant que l'ILL n'a pas fixé de critère portant sur un éventuel déséquilibre des poids mesurés sur les deux rubans, un tel déséquilibre pouvant traduire un blocage de l'un des rubans ou d'une partie du grappin. **Aussi, l'IRSN considère que l'ILL doit définir un critère de suspension des opérations sur détection d'un éventuel déséquilibre entre les masses suspendues aux rubans ;**
- l'IRSN note que le mode opératoire présenté dans le dossier ne comprend pas de point d'arrêt et que certaines étapes sont peu explicites ou mal caractérisées, ce qui n'est pas de nature à favoriser une application satisfaisante du mode opératoire par les opérateurs. **L'IRSN considère que la précision requise pour la mise en œuvre des opérations nécessite que soient définis des points d'arrêt de validation entre**

les étapes successives du mode opératoire et que ces points d'arrêts doivent être, autant que possible, associés à des critères quantitatifs dont l'atteinte permettra leur levée ;

- l'IRSN considère qu'une chute de l'EC pourrait survenir, à la suite d'un mauvais verrouillage du grappin, lors de la dépose de l'EC au fond du canal 2, une fois la vanne inférieure de la hotte ouverte en fin d'opération. À cet égard, il convient de noter que le grappin est constitué d'un corps principal dans lequel s'insèrent deux crémaillères reliées entre elles par une roue dentée, la montée de l'une des crémaillères provoquant la descente de l'autre. Une tête de commande, assimilable à un piston, est suspendue à l'une des crémaillères de sorte que, en position basse (crémaillères en butées), elle assure le verrouillage de l'EC en bloquant le mouvement de cliquets fixés sur le corps du grappin. L'IRSN relève que, dans une position intermédiaire des crémaillères proche de la position basse (crémaillères non en butées), le mouvement des cliquets reste limité mais ne peut toutefois pas être empêché, ce qui pourrait conduire à une préhension sans verrouillage complet de l'EC par le grappin. Aussi, l'IRSN considère que la précision du mouvement différentiel des rubans reliés aux crémaillères est un paramètre sur lequel les opérateurs doivent porter une attention particulière. **Par conséquent, l'IRSN estime nécessaire que les opérateurs s'assurent que les crémaillères sont mises en butées à l'issue des opérations de verrouillage du grappin ;**
- le rôle des différents opérateurs qui interviendront dans la mise en œuvre des différentes actions n'étant pas décrit dans le dossier transmis par l'ILL, **l'IRSN considère que l'ILL doit préciser les actions à mettre en œuvre par les différents opérateurs, ainsi que les interactions entre ces opérateurs ;**
- les opérations à réaliser étant manuelles et demandant une bonne concentration des opérateurs, **l'IRSN estime que le nombre de personnes présentes dans le hall réacteur lors des opérations doit être limité au strict nécessaire (quelques observateurs pourraient cependant être tolérés) et que les nuisances sonores environnantes au moment des opérations doivent être réduites autant que possible.**

L'IRSN considère que la procédure relative aux opérations d'utilisation du treuil modifié doit intégrer les points précités. L'ensemble de ces éléments fait l'objet de la recommandation n° 1 en annexe 2 au présent avis.

L'examen des dispositions de prévention et de limitation des conséquences liées aux opérations d'utilisation du treuil modifié fait l'objet des paragraphes ci-après.

3.2 Dispositions de prévention de la chute de l'EC

L'IRSN note en premier lieu que l'ILL prévoit l'arrêt des opérations en cas de blocage avéré de l'EC ou du grappin, **ce qui est satisfaisant.**

L'ILL indique que la prévention du risque de chute de l'EC est assurée par le dimensionnement des constituants du dispositif de levage. L'ILL précise à cet égard que les rubans de la hotte ont été dimensionnés à une charge supérieure à 600 kg. L'IRSN rappelle (cf. paragraphe 1.3) que l'absence d'endommagement des rubans dans les parties internes de la hotte n'a cependant pas pu et ne pourra pas être vérifiée préalablement aux opérations. L'IRSN considère cependant qu'un éventuel endommagement significatif des rubans serait constaté dès les premières opérations, notamment lors des opérations de montée et de descente du grappin, voire du grappin verrouillé sur l'EC. En tout état de cause, pour ces premières opérations, la vanne inférieure de la hotte de manutention est toujours partiellement fermée. Les conséquences d'une chute de l'EC dans cette configuration sont examinées au paragraphe 3.3.

Les palans, qui sont par ailleurs utilisés dans le cadre d'opérations d'exploitation courantes dans l'installation, ont fait l'objet de contrôles et essais réglementaires qui ont été jugés satisfaisants. **L'utilisation de ces appareils de**

levage n'appelle pas de remarque de la part de l'IRSN. Par ailleurs, l'ILL indique qu'une épreuve de résistance de l'attache des rubans sera effectuée avec une charge équivalant à 1,5 fois la charge de 400 kg (masse maximale autorisée par le dispositif de levage initial de la hotte), soit 600 kg. Ceci n'appelle pas de remarque de l'IRSN. Il est à noter que la masse du grappin et de l'EC est de 250 kg environ, et que cette masse est normalement uniformément répartie entre les deux rubans.

L'IRSN relève toutefois que l'ILL ne prévoit ni de tester mécaniquement la pièce de renvoi (constituée d'un corps métallique et équipée de deux poulies en polyamide de haute résistance) ni de réaliser un calcul de dimensionnement de ces constituants. L'ILL estime qu'un éventuel défaut sur la ligne de levage lié à cette pièce serait identifié dès les premières opérations, lorsque la vanne inférieure de la hotte de manutention est toujours partiellement fermée. **L'IRSN note en tout état de cause que la rupture de cette pièce conduirait à une chute de l'EC d'une dizaine de centimètres, ce qui ne serait pas de nature à endommager les rubans au regard de leur charge de dimensionnement.**

En complément, l'IRSN estime que les longueurs des rubans et les hauteurs de manutentions du grappin et de l'EC doivent faire l'objet d'une évaluation avec une précision suffisante pour assurer aux opérateurs une bonne compréhension des différentes séquences du verrouillage du grappin et favoriser une interprétation pertinente des situations auxquelles ils pourraient avoir à faire face en cas d'imprévu. **Aussi, l'IRSN considère que l'ILL doit mettre en place des dispositions permettant d'évaluer avec une précision suffisante les hauteurs de manutention lors des opérations, comme par exemple la mise en place de repères sur les rubans métalliques ou les chaînes des palans.** Ce point fait l'objet de la recommandation n° 2 formulée en annexe 2 au présent avis.

3.3 Conséquences potentielles de la chute de l'EC et dispositions de limitation des conséquences associées

Concernant les conséquences d'une chute lors de la première phase des opérations, l'ILL considère que la fermeture partielle de la vanne inférieure de la hotte et la faible hauteur de manutention de l'EC dans la hotte limitent la hauteur de chute potentielle de l'EC à environ 40 cm. L'IRSN estime que si la fermeture partielle de la vanne inférieure de la hotte est de nature à limiter les conséquences de la chute de l'EC dans la hotte, elle ne constitue pas en soi une ligne de prévention suffisamment robuste pour écarter tout risque de chute de l'EC d'une hauteur supérieure à 40 cm. Les conséquences d'une telle chute seraient néanmoins couvertes par celles d'une chute survenant pendant la deuxième phase des opérations.

Les conséquences potentielles en cas de chute lors de la deuxième phase des opérations (chute d'une hauteur de 2 m dans le plot de refroidissement au fond du canal 2), *i.e.* lorsque la vanne inférieure de la hotte est intégralement ouverte, ne font pas l'objet d'études dans le référentiel de sûreté de l'installation. L'IRSN considère qu'une telle chute pourrait entraîner un endommagement mécanique des plaques combustibles, voire la perte d'intégrité de certaines d'entre elles. À cet égard, l'ILL mentionne, dans son dossier, la réalisation d'un essai de chute d'une maquette d'EC, dans des conditions représentatives de la chute en eau dans le plot de refroidissement, afin d'évaluer les déformations que subirait l'EC dans ces conditions. **L'IRSN considère que le principe de réalisation d'un tel essai est satisfaisant, à condition que les conditions de réalisation de celui-ci soient bien représentatives des situations susceptibles d'être rencontrées dans l'installation.** Les résultats d'un tel essai pourront être utilement mis à profit dans le cadre du réexamen de sûreté en cours de l'installation. À cet égard, la réévaluation de la sûreté des opérations de manutention réalisées dans l'installation fera l'objet d'une attention particulière de la part de l'IRSN.

En tout état de cause, l'IRSN note que l'ILL prévoit de réaliser les opérations d'utilisation du treuil modifié dans une configuration du bâtiment réacteur dans laquelle l'espace annulaire situé entre les enceintes interne et externe est en surpression, le hall du réacteur étant maintenu en dépression. **Cette configuration est de nature à limiter le rejet de substances radioactives à l'extérieur du bâtiment du réacteur en cas de chute de l'EC associée à des pertes d'intégrité des plaques combustibles.** Par ailleurs, il convient de noter que le circuit de ventilation de sauvegarde CDS récemment mis en place au titre des dispositions « post-Fukushima » est opérationnel.

Enfin, s'agissant de la protection des opérateurs, l'IRSN note qu'aucune disposition particulière de limitation des conséquences radiologiques en cas de chute de l'EC n'est présentée dans le dossier de l'ILL. **Compte tenu des opérations envisagées et des risques associés, l'IRSN considère que l'ILL doit mettre à disposition des opérateurs des équipements de type APVR¹ dont ils s'équiperont, eu égard à des critères définis par le service de protection contre les rayonnements ionisants de l'installation, en cas de chute de l'EC.** Ce point fait l'objet de la recommandation n°3 formulée en annexe 2 au présent avis.

4 CONCLUSION

En conclusion de son évaluation, sur la base des documents examinés, l'IRSN estime acceptable, du point de vue de la sûreté, la demande de modification et d'utilisation du treuil de la hotte, sous réserve de la prise en compte des recommandations formulées en annexe 2 au présent avis.

Pour le Directeur général et par délégation,

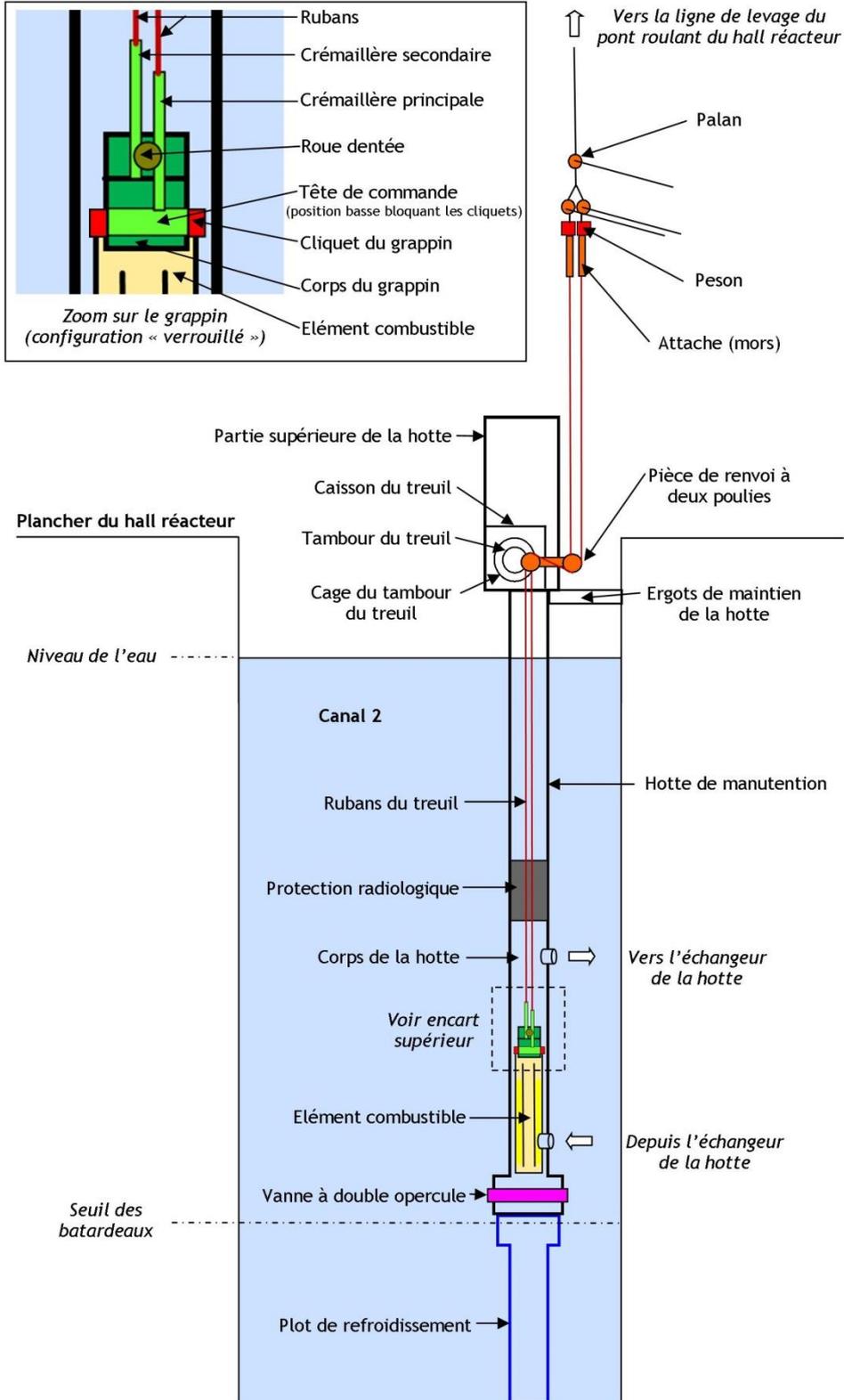
Frédérique PICHEREAU

Adjoint au directeur de l'expertise

¹ Appareil de protection des voies respiratoires.

Annexe 1 à l'Avis IRSN/2017-00222 du 4 juillet 2017

Schéma de la modification envisagée du treuil de la hotte de manutention



Annexe 2 à l'Avis IRSN/2017-00222 du 4 juillet 2017

Recommandations

Recommandation n° 1 :

L'IRSN recommande que l'ILL intègre, à la procédure de réalisation des opérations de manutention du treuil modifié, les points suivants :

- la vérification de l'état des rubans et de l'existence d'une longueur suffisante de rubans, après le retrait des parties endommagées, en vue d'une dépose de l'élément combustible en fond de canal 2 ;
- la définition d'un critère de suspension des opérations sur détection d'un éventuel déséquilibre entre les masses suspendues aux rubans lors des opérations de montée/descente du grappin (seul ou avec l'élément combustible) ;
- la définition de points d'arrêt de validation entre les étapes successives des opérations, ceux-ci devant être, autant que possible, associés à des critères quantitatifs dont l'atteinte permettra leur levée ;
- la vérification de la mise en butées des crémaillères du grappin à l'issue des opérations de verrouillage de ce dernier sur l'élément combustible ;
- une définition plus précise des actions à mettre en œuvre par les différents opérateurs, ainsi que les interactions entre ces opérateurs ;
- la limitation du nombre de personnes présentes dans le hall réacteur lors des opérations et la réduction, autant que possible, des nuisances sonores environnantes.

Recommandation n° 2 :

L'IRSN recommande que l'ILL mette en place des dispositions permettant d'évaluer avec une précision suffisante les hauteurs de manutention lors des opérations.

Recommandation n° 3 :

L'IRSN recommande que l'ILL prévoie la mise à disposition des opérateurs d'équipements de type APVR (appareil de protection des voies respiratoires) dont ceux-ci s'équiperont, selon des critères à définir par le service de protection contre les rayonnements ionisants de l'installation, en cas de chute de l'élément combustible.